

INTEGRASI TEKNOLOGI KOMUNIKASI DALAM MONITORING AREAL PARKIR DI MALL BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE

I Gede Suputra Widharma

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

e-mail: suputra@pnb.ac.id

Abstrak – Sistem monitoring areal parkir di mall ini berbasis artificial intelligence dan terintegrasi teknologi komunikasi untuk memantau jumlah kendaraan dan ketersediaan areal parkir di Mall. Penelitian ini menggunakan tensorflow lite dan Convolutional Neural Network sebagai metode pendekripsi objek dan teknologi komunikasi untuk mengirimkan pesan. Cara kerja teknologi ini dalam mengambil keputusan yaitu menganalisis dan menggunakan data yang sudah ada dalam sistem. Sistem terdiri atas hardware dan software, dimana hardware terdiri dari kamera webcam sebagai input, Raspberry Pi 4B, Monitor, dan Smartphone serta output berupa hasil deteksi gambar. Sedangkan untuk software menggunakan kodular dan aplikasi pemrograman python. Hasil pengujian menunjukkan model lebih baik performanya dalam menanggapi training data dan menurun performanya dalam menanggapi data baru dari validation loss. Model dengan 2000 data gambar mengalami overfitting. Selisih antara training loss dan validation loss sekitar 0,1. Selanjutnya proses evaluasi terhadap model tersebut menggunakan test data. Average precision dari model yang dihasilkan oleh dataset gambar tersebut sebesar 0.855. Itu berarti kemampuan model dalam mendekripsi objek dalam test data memiliki tingkat kepresisan sebesar 85,26%. Hal ini sangat penting untuk kenyamanan dan rasa aman bagi pengguna jasa parkir, karena tidak lagi membutuhkan banyak waktu mencari lokasi parkir dan dapat dilihat melalui monitor yang telah disiapkan.

Kata Kunci : Kecerdasan Buatan; Pemantauan; Areal Parkir;Teknologi Komunikasi.

Abstract- *This mall's parking areal monitoring system is artificial intelligence-based and integrated communication technology to monitor the number of vehicles and parking areal availability. This study uses TensorFlow Lite and Convolutional Neural Network as object detection methods and communication technology to send messages. This technology works by analyzing and utilizing existing data in the system to make decisions. The system consists of hardware and software, where the hardware consists of a webcam camera as input, a Raspberry Pi 4B, a monitor, and a smartphone, and the output is image detection results. Meanwhile, the software uses Kodular and a Python programming application. Test results show that the model performs better in responding to training data and its performance decreases in responding to new data due to validation loss. The model with 2000 image data experienced overfitting. The difference between training loss and validation loss was around 0.1. The next process of evaluating the model used test data. The average precision of the model generated by the image dataset was 0.855. This means the model's ability to detect objects in the test data has a precision level of 85.26%. This is very important for the comfort and sense of security for parking service users, because it no longer takes a lot of time to find a parking location and can be seen via the monitor that has been prepared.*

Keyword : Artificial Intelligence; Monitoring; Parking areal; Communication Technology.

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah kendaraan berdampak pada lahan parkir di area publik. Setiap harinya jumlah kendaraan yang datang terkadang tidak menentu. Akibatnya banyak waktu yang dihabiskan hanya untuk mencari lokasi parkir, dikarenakan penempatan parkir yang tidak teratur serta kurangnya informasi akan ketersediaan lahan untuk parkir. Selama ini sistem monitoring yang dilakukan

dengan cara manual yaitu memanfaatkan petugas parkir untuk membantu proses monitoring parkir. Hal ini tentunya membutuhkan banyak waktu untuk menemukan areal parkir pada lahan parkir.

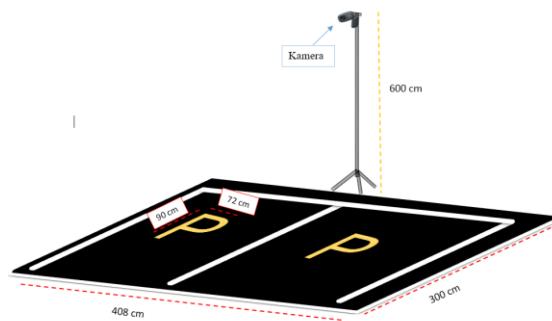
Terdapat beberapa cara untuk memberikan informasi mengenai areal parkir. Salah satunya menggunakan sistem perhitungan jumlah parkir dengan menggunakan sensor infra merah dan juga sensor ultasonik [1].

Sistem dengan menggunakan metode Histogram of Oriented Gradient (HOG) untuk mengidentifikasi areal parkir kosong [2]. Untuk menjawab permasalahan diatas, dikembangkan suatu sistem yang akan mendeteksi areal parkir mobil dengan memanfaatkan teknologi computer vision. Computer vision merupakan salah satu kecerdasan buatan untuk mengoperasikan komputer dalam mempermudah pekerjaan manusia atau disebut juga Artificial Intelligence [3]. Teknologi ini adalah kemampuan komputer yang di desain agar mampu melihat atau mendeteksi suatu objek digital dan mampu mengolah data secara visual [4]. Pada penelitian kali ini Tensorflow Lite adalah algoritma yang akan digunakan dan Convolutional Neural Network sebagai metode pendekripsi objek. Memanfaatkan teknologi Artificial Intelligence (AI) pada sistem komputer yang mampu melakukan tugas-tugas manusia. Cara kerja teknologi ini dalam mengambil keputusan yaitu dengan menganalisis dan menggunakan data yang sudah ada dalam sistem. Tensorflow menyediakan Graphics Processing Unit (GPU) sebagai alternatif [6]. Raspberry Pi digunakan sebagai mikrokontroler yang kemudian dihubungkan dengan kamera untuk memonitoring ketersediaan areal parkir dengan mendeteksi sebuah patern berupa huruf P pada areal parkir yang sudah disiapkan. Hasil monitoring akan ditampilkan pada sebuah monitor yang menampilkan jumlah ketersediaan areal parkir, detik, menit, hari, dan tanggal. Selain ditampilkan pada monitor, hasil pendekripsi juga akan ditampilkan pada smartphone dengan memanfaatkan realtime database dan aplikasi kodular. Dengan adanya sistem ini, diharapkan memudahkan pengendara mobil untuk mendapatkan informasi ketersediaan areal parkir yang kosong. Hal ini sangat penting untuk kenyamanan bagi pengguna jasa parkir, karena tidak lagi membutuhkan banyak waktu mencari lokasi parkir dan juga merasa aman karena mobil yang terparkir dapat dilihat melalui monitor yang telah disiapkan, serta memudahkan petugas parkir dalam melakukan tugas.

METODE

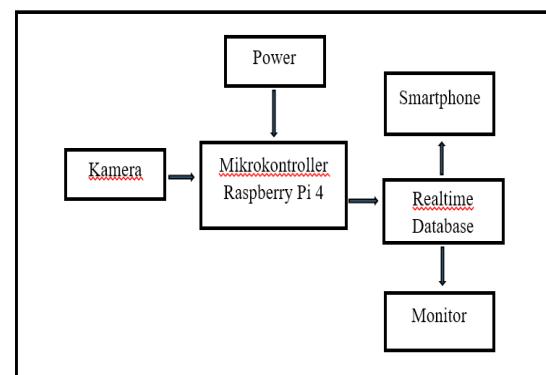
Sistem monitoring ini terdiri dari bagian *hardware* dan *software*. Pada bagian hardware terdiri dari

kamera webcam sebagai input, Raspberry Pi 4B, Monitor, dan Smartphone serta output berupa hasil deteksi gambar. Sedangkan bagian software menggunakan kodular dan aplikasi pemrograman python. Pada gambar 1 ditunjukkan rancangan hardware dari sistem yang dibuat.



Gambar 1 Rancangan Areal Parkir Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada sebuah areal parkir. Pada penelitian ini menggunakan sebuah kamera pada tiang setinggi 600cm untuk memonitoring ketersediaan areal parkir. Terdapat 2 buah areal parkir yang sudah disiapkan pada penelitian ini dengan panjang total 300cm dan lebar 408 cm serta 2 buah pola berupa huruf P berwarna kuning. Adapun diagram blok rangkaian sistem dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini..



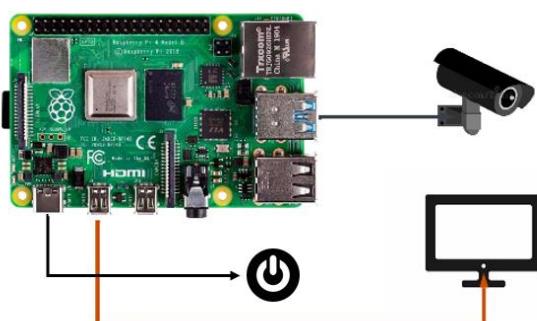
Gambar 2 Diagram Blok Rangkaian Sistem

Pada gambar 2 mendeskripsikan alur kerja dari sistem monitoring areal parkir. Mikrokontroler yang akan digunakan nantinya merupakan Raspberry Pi 4B+. Untuk mendeteksi areal parkir yang kosong, pada sistem yang akan dibuat menggunakan

kamera sebagai input visual ke Raspberry Pi. Input visual yang dikirim kemudian diolah dengan metode Tensorflow Lite sehingga sistem dapat membedakan areal parkir mana yang terisi dan tidak terisi.

Setelah dilakukan proses pengolahan citra gambar, Raspberry Pi akan memberi output yang kemudian akan dikirim ke firebase sebagai realtime database. Realtime database berfungsi sebagai penyimpanan realtime yang kemudian terhubung ke smartphone menggunakan aplikasi kodular, sehingga smartphone dapat menampilkan jumlah ketersediaan areal parkir. Terdapat pola berupa huruf P yang akan menjadi acuan deteksi.

Terdapat dua buah pola pada rancangan sistem ini, apabila kedua pola huruf P tersebut terdeteksi oleh kamera, monitor akan menampilkan kondisi realtime areal parkir dan pada smartphone akan tampil status areal parkir terisi. Apabila hanya satu pola yang terdeteksi oleh kamera, maka status areal parkir yang tampil pada smartphone menjadi areal parkir tersisa 1. Apabila kedua pola tidak terdeteksi oleh kamera, maka status areal parkir yang tampil pada smartphone menjadi areal parkir tersisa 2. Gambar 3 berikut menunjukkan wiring diagram dari uraian tentang diagram blok tadi.



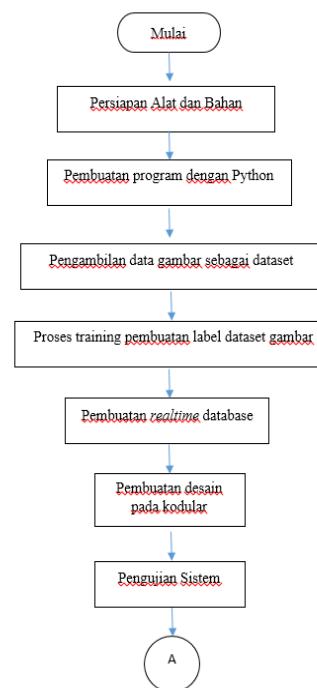
Gambar 3. Wiring Diagram Rangkaian Sistem

Dalam perancangan software, dilakukan proses pengambilan data. Proses pengambilan data pada sistem ini mengambil data gambar berupa pola huruf P. Pada gambar 4 dibawah adalah contoh data visual yang dimasukkan pada dataset.



Gambar 4. Pola huruf P di Areal Parkir

Gambar 5 menunjukkan diagram alir proses yang berlangsung dalam penelitian ini mulai dari persiapan bahan hingga pengujian sistem.



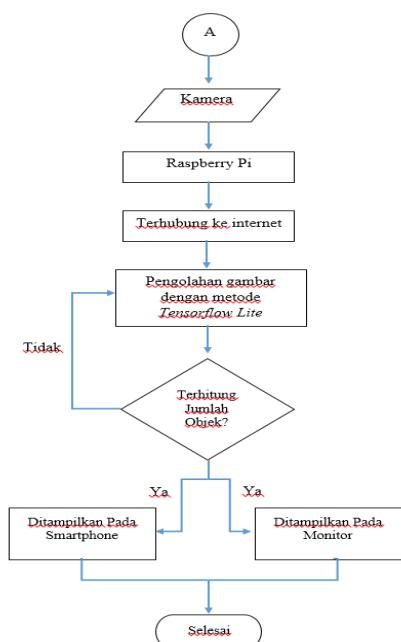
Gambar 5. Diagram Alir Desain Sistem

Pembuatan alat ini dimulai dari pembelian komponen yang diperlukan. Setelah semua komponen disiapkan dan kemudian dirangkai dengan pembuatan software dari alat, yakni dengan pembuatan program untuk mengintegrasikan prinsip kerja dengan komponen yang ada.

Pengambilan data pada sistem monitoring ini terbagi menjadi dua, yaitu pembuatan data

untuk training dataset dan pengambilan data analisa. Untuk pengambilan training dataset dilakukan dengan cara mengambil gambar dengan kamera webcam, Selanjutnya untuk pengambilan data pengujian dilakukan dengan cara menjalankan beberapa skenario yaitu yang pertama adalah pengambilan data pendekripsi dengan karakteristik objek dataset dalam bentuk model pendekripsi objek diuji dengan menggunakan objek patern huruf P yang memiliki karakteristik sama dari dataset yang digunakan untuk membuat model. Pengambilan data akurasi pendekripsi objek dalam bentuk tingkat akurasi dari model pendekripsi objek yang dibuat dihitung menggunakan confusion matrix. Pengambilan data berdasarkan posisi yaitu berupa pengujian dengan berbagai macam posisi mobil parkir pada areal parkir. Pengambilan data dengan mencocokan hasil deteksi dalam bentuk pengujian dengan mencocokan hasil deteksi realtime pada monitor dengan tampilan pada smartphone.

Tahapan pembuatan dataset dan training model, meliputi: pengambilan gambar, pembuatan label dan anotasi objek, pembagian dataset menjadi test data, validate data, dan training data, lanjut proses training model.



Gambar 6. Diagram Alir Pengujian Sistem

Pada waktu yang sama, dataset gambar objek juga harus disiapkan. Setelah software telah berhasil dibuat, maka akan dilanjutkan menuju pengujian sistem. Adapun dalam implementasi sistem deteksi ini, alat dan bahan yang akan digunakan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak, diantaranya Raspberry Pi 4B+, Kamera, Kabel penghubung, Monitor, Smartphone, software python, Firebase, dan Kodular (Gambar 6).

Sistem yang dirancang menggunakan metode Tensorflow Lite untuk mendekripsi areal parkir. Untuk mengakses tampilan pendekripsi dari alat ini, nantinya akan menggunakan sebuah monitor. Dari data yang telah disimpan sebagai dataset sebelumnya, dilakukan perbandingan dengan data yang sedang ditangkap oleh kamera. Proses perbandingan ini dinamakan proses training dataset. Data hasil deteksi yang diambil, disesuaikan dengan dataset yang sudah disiapkan sebelumnya. Setelah data berhasil disesuaikan, maka sistem akan menampilkan areal parkir yang terisi maupun yang tidak terisi. Hasil data ini diolah dengan metode confusion matrix dimana nantinya akan dilakukan pengujian kinerja sistem pendekripsi objek secara visual dari nilai recall, precision, dan accuracy yang dihitung dari rumus perhitungan confusion matrix berdasarkan hasil data True Positif, True Negatif, False Positif, dan False Negatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Dataset dan Training Model

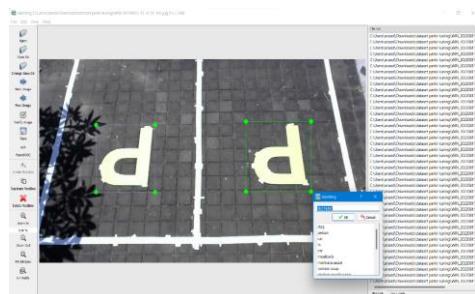
Dalam proses pendekripsi objek menggunakan deep learning diperlukan dataset untuk melakukan training yang nantinya akan menghasilkan sebuah model pendekripsi objek.

Selain gambar, untuk membuat dataset diperlukan label serta anotasi untuk objek pada gambar yang akan dijadikan dataset. Gambar berikut menunjukkan contoh gambar dan anotasinya. Pembuatan label dan

anotasi menggunakan Labelling dan format anotasi menggunakan format Pascal VOC.

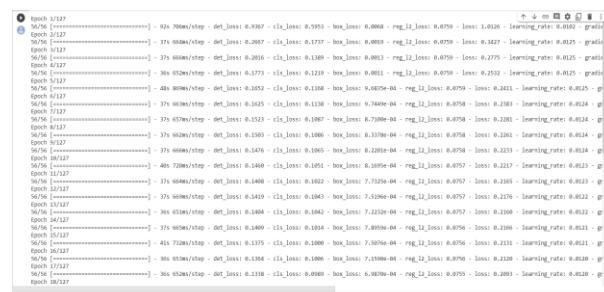
Proses Training Model

Sebelum masuk ke proses training model pendekripsi objek, dilakukan persiapan pada Google Colaboratory terlebih dahulu. Runtime yang dipilih adalah runtime GPU. Kemudian meng-install library Tensorflow Lite Model Maker dan pycocotools. Gambar 7 menunjukkan output dari instalasi library.



Gambar 7 Menginput Pola ke Software

Dengan terhubungnya Google Drive dan Google Colaboratory, dataset yang pada proses sebelumnya di-upload dapat digunakan untuk training model pendekripsi objek.



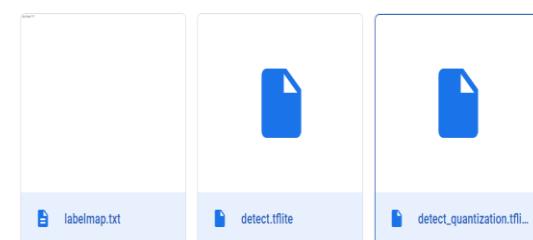
Gambar 8 Proses Training Log terhadap Pola

Dataset kemudian dimasukkan kedalam 3 buah variabel yang berbeda, yaitu `train_data`, `validation_data`, dan `test_data`. Dataset yang di-training yaitu dataset “areal parkir” dengan 2000 data gambar. Pada saat proses training berlangsung, `object_detector.create` juga memberikan output berupa training log yang berisikan data loss pada training model. Gambar 8 berikut menunjukkan training log dari training dataset “areal parkir” dengan 2000 data gambar untuk setiap epoch. Proses training model object berlangsung selama 187 menit. Setelah melakukan

training, kemudian model di evaluasi dengan test data untuk mengetahui performa model pendekripsi objek terhadap data yang belum pernah dilihat pada proses training.

Deteksi Ketersediaan areal Parkir

Model hasil training kemudian dikonversi ke model Tensorflow Lite. Kemudian model dalam format ini di-export ke Google Drive menjadi 3 file berupa file `labelmap.txt`, `detect.tflite`, `detect_quantization.tflite` pada Google Drive.



Gambar 9 Model Hasil Training

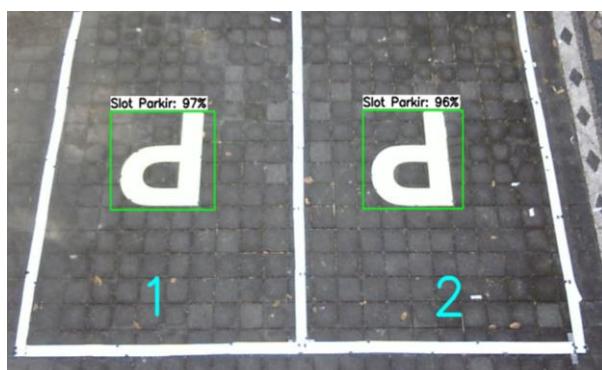
Pengujian model pendekripsi objek “areal parkir” dilakukan pada kondisi yang sama dengan pengambilan gambar untuk dataset. Kamera dipasang pada tiang besi dengan ketinggian 6 meter dengan satu sudut pandang yang tidak berubah-ubah dan posisi kamera menyorot objek dan sebuah monitor untuk menampilkan hasil deteksi. Pengujian model dilakukan terhadap objek deteksi dengan karakteristik sama dari objek pada dataset. Pengujian dilakukan melalui 3 tahap pengujian yaitu, uji deteksi objek areal parkir, uji ketersediaan jumlah areal parkir, dan uji tingkat akurasi dengan metode confusion matrix.

Pembahasan Dataset Objek Pola Huruf P

Dari 50 data yang telah diambil, dilakukan proses klasifikasi dengan menggunakan confusion matrix. Data pada tabel diatas merupakan percobaan yang dilakukan untuk mengamati tingkat akurasi, presisi, dan recall dari sistem pendekripsi objek pengendara berdasarkan custom model TensorFlow.

Dataset yang dibuat memiliki satu buah class yang diberi label “areal parkir”. Data gambar

untuk membuat dataset diambil langsung menggunakan kamera webcam. Total gambar yang diambil adalah 2000 gambar. Pemilihan jumlah gambar pada dataset berdasarkan jumlah total gambar yang diambil dan berdasarkan tinjauan pada penelitian terdahulu. Pengujian dilakukan melalui 3 tahap pengujian yaitu, uji deteksi objek areal parkir, uji ketersediaan jumlah areal parkir, dan uji tingkat akurasi dengan metode confusion matrix.



Gambar 9 Perbandingan Pola Tangkapan Huruf P pada Kamera

Gambar 9 tersebut menampilkan hasil deteksi objek pola huruf "P" yang terdeteksi sebagai areal parkir. Hasil pendekripsi objek diatas ditampilkan pada sebuah monitor.

Pembahasan Deteksi Areal Parkir Tersedia

Dari 50 data pengujian yang telah diambil, dituangkan kedalam tabel confusion matrix seperti yang terlihat pada tabel 4.2. Terlihat bahwa dari 50 data pengujian yang diambil, sebanyak 50 data merupakan data True Positif (TP). Dimana itu berarti dari 50 data 50 jumlah data positif yang terdeteksi benar sebagai "areal parkir". Sebanyak 0 data merupakan data False Positif (FP). Itu berarti tidak ada data negatif yang terdeteksi benar

sebagai "nightperson". Sebanyak 0 data merupakan data True Negatif (TN). Itu berarti tidak ada data negatif yang terdeteksi sebagai bukan "nightperson". Dan sebanyak Sebanyak 0 data merupakan data False Negatif (FN). Itu berarti dari 50 data pengujian dengan hasil True Positive sistem mampu mendekripsi objek dengan baik. Data yang disimpan dalam database ditampilkan pada halaman web berupa dashboard.

Tabel 1 Pengujian dengan Confusion Matrix

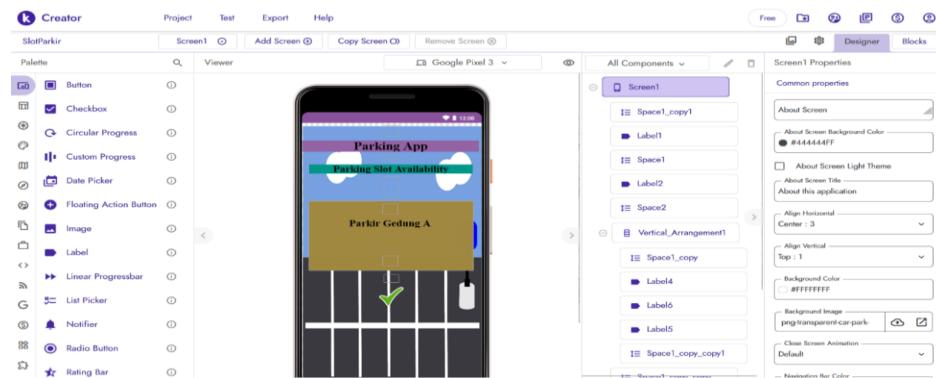
Predicted Values	Actual Values	
	Positive	Negative
Poistive (1)	50	0
Negative (0)	0	0

Dari 50 total data uji yang ditampilkan pada tabel 1, maka dapat dilakukan perhitungan terhadap nilai akurasi, precision, dan recal sebagai berikut:

- Tingkat Akurasi Sistem = 1 atau 100%
- Tingkat Presisi Sistem = 1 atau 100%
- Tingkat Recall Sistem = 1 atau 100%

Karena tingkatan kinerja sistem hanya berkisar antara 0 sampai 1, maka nilai kinerja sistem tersebut dikonversi menjadi satuan persentase sehingga menghasilkan tingkat kinerja seperti pada rumusan diatas.

Pada tahap pengujian jumlah ketersediaan areal parkir, dilakukan pengambilan data pendekripsi objek sebanyak 50 data pendekripsi. Adapun tampilan hasil deteksi yang didapatkan sistem dapat dilihat pada Tabel 2.

**Gambar 10** Desain Aplikasi pada Smartphone atau Gadget

Tabel 2 Hasil Monitoring Areal Parkir di Mall

No	Data Uji	Kondisi Deteksi	Kondisi Sebenarnya	Hasil
1.		areal parkir tersedia 2	areal parkir tidak terisi mobil	True Positive
2.		areal parkir tersedia 0	areal parkir terisi 2 mobil	True positive
3.		areal Parkir tersedia 1	areal parkir terisi 1 mobil	True positive

Sumber: Hasil Pengumpulan Data di lapangan

Dari 50 total data uji yang ditampilkan pada tabel 2, maka dapat dilakukan perhitungan terhadap nilai akurasi, precision, dan recall sebagai berikut:

- Tingkat Akurasi Sistem = 0,96 atau 96%
- Tingkat Presisi Sistem = 0,96 atau 96%
- Tingkat Recall Sistem = 1 atau 100%

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil deteksi jumlah areal parkir. Jumlah areal parkir yang terdeteksi oleh sistem akan disesuaikan dengan tampilan pada kodular secara realtime. Analisis data dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas sistem monitoring dalam memantau areal parkir di mall.

Proses training model pendekripsi objek "areal Parkir" dilakukan dengan bantuan software Google Colaboratory. Model arsitektur machine learning yang digunakan adalah EfficientDet-Lite2 yang memiliki nilai average precision sebesar 33.97% yang diuji pada COCO Validation Dataset 2017. EfficientDet-Lite2 memiliki quantized model size 7.2 MB dan latency 69 ms. Dataset yang di-training berjumlah 2000 data gambar. Durasi training dataset tersebut adalah 187 menit. Dari data tersebut terlihat bahwa jumlah dataset sangat berpengaruh pada durasi proses training yang dilakukan. Berdasarkan training log untuk dataset dengan 2000 data gambar, didapatkan grafik training loss dan validation loss. Hal tersebut menandakan model lebih baik performanya dalam menanggapi training data dan menurun performanya dalam menanggapi data baru dari validation loss. Itu artinya model dengan 2000 data gambar mengalami overfitting. Namun selisih antara training loss dan validation loss juga tidak terlalu besar yaitu sekitar 0,1. Average precision dari model yang dihasilkan oleh dataset dengan 2000 data gambar adalah sebesar 0.855349 ketika diuji pada test data. Itu berarti kemampuan model dalam mendekripsi objek dalam test data memiliki tingkat kepresisan sebesar 85,26%. Selanjutnya model di-export ke model tflite.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil implementasi, pengujian, dan analisis sistem monitoring ketersediaan areal parkir berbasis artificial intelligence dan terintegrasi teknologi komunikasi di Mall ini, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Keandalan sistem monitoring yang menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak, diantaranya Raspberry Pi 4B+, Kamera, Kabel penghubung, Monitor, Smartphone, software python, Firebase, dan Kodular berhasil memantau kondisi areal parkir secara otomatis dan real-time dengan akurasi tinggi sebesar 85,26%.
- Pengujian dilakukan melalui 3 (tiga) tahap pengujian yaitu: uji deteksi objek areal parkir, uji ketersediaan jumlah areal parkir, dan uji tingkat akurasi dengan metode confusion matrix.
- Proses training model pendekripsi objek "areal parkir" dilakukan dengan bantuan software Google Colaboratory. Model arsitektur

machine learning yang digunakan adalah EfficientDet-Lite2 yang memiliki nilai average precision sebesar 33.97% yang diuji pada COCO Validation Dataset 2017. EfficientDet-Lite2 memiliki quantized model size 7.2 MB dan latency 69 ms.

4. Sistem monitoring ini mengurangi ketergantungan terhadap inspeksi manual, meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga.
5. Data divisualisasikan secara komprehensif melalui grafik tren harian dikirimkan pada google sheet dan media komunikasi yang digunakan baik smartphone ataupun gadget.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada redaktur Jurnal Vastuwidya, Ilmu Komunikasi UHN IGB Sugriwa Denpasar, Cita Widya Suhita, Ganesha Indonesia, AcidRock Community dan Politeknik Negeri Bali atas bantuan dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I Gde Nyoman Sangka, IGS Widharma, IGK Sri Budarsa. "Mathematical modeling of adaptive lighting system based on solar panels and digital communication for microalgae synthesis", Jurnal Kinetik. 2025
- [2] Nugraha, R., Jati, A. N., & Ahmad, U. A. Implementasi Histogram of Oriented Gradient (HOG) pada Embedded System untuk Identifikasi Slot Parkir sebagai Pendukung Smart Parking System. E-Proceeding of Engineering, 3, 771–777. 2022
- [3] A. N. Rasyid, D. Hamdani, dan I. Setiawan, "Rancang Bangun Smart Greenhouse Berbasis Arduino Uno," J. Ilmu Pembelajaran Fis., vol. 2, no. 2, hal. 125–132, 2023.
- [4] IGS. Widharma, Lalu F. N. Buku Ajar "Mikrokontroler dan Aplikasi". Penerbit wawasan Ilmu, Banyumas. 2022.
- [5] Muliawan, A., Tinggi, S., Bontang, T., & Printer, T. Perancangan Prototipe Sistem Monitoring Parkir Berbasis Arduino Uno, SNITT. 2018
- [6] M. N. Nizam, Haris Yuana, dan Zunita Wulansari, "Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web," JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform., vol. 6, no. 2, hal. 767–772, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.
- [7] IGS Widharma, I Nengah Sunaya :Aplikasi sistem akuisisi data pada sistem fire alarm berbasis sistem mikrokontroller". Jurnal Logic 14(2). 126. 2017

- [8] F. Puspasari, T. P. Satya, U. Y. Oktiawati, I. Fahrurrozi, dan H. Prisyanti, "Analisis Akurasi Sistem sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 16, no. 1, hal. 40, 2020, doi: 10.12962/j24604682.v16i1.5776.
- [9] IGS. Widharma, I Nyoman Kiriana, dan AAM. Dewi Anggreni. "Public Communication Between Media Disruption And Public Literacy In The Digital Era". *Jurnal Kajian Komunikasi Budaya*, 2 (2), 1-10. 2025
- [10] Y. Efendi, "Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 2, hal. 21–27, 2018.
- [11] Maharani, Antares, Baso, Yusnaini, Nurhani, Martdiansyah. "Pemodelan Solar Tracker Dengan Pengendali PI, PD, Dan PID Menggunakan Matlab-Simulink Dengan Beban Baterai. *Jurnal Foristik* 14 (1). 2024
- [12] Midiatmiko, Yanu, Yahya. "PV Solar Tracker Berbasis Matlab/Simulink Untuk Optimasi Daya". *JTECS*. 2021.
- [13] IGS Widharma, Sajayasa, Sunaya, Sangka. "Perancangan Sistem Informasi Manajemen Laboratorium Otomasi Berbasis Web dengan Metode Prototype". *Vastuwidya* 5(2). 10. 202