

# Sistem *Tracking* dan *Counting* Kendaraan Berbasis *YOLO* untuk Pemetaan Slot Parkir Kendaraan

## *Detection and Tracking System of Vehicle Based on YOLO for Car Parking Slot Mapping*

Erik Ektrada<sup>1</sup>, Lutfi Hakim<sup>2\*</sup>, Sepyan Purnama Kristanto<sup>3</sup>

Teknik Informatika, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi, Indonesia<sup>1,2,3</sup>

Email:erik.ektrada@gmail.com<sup>1</sup>, lutfi@poliwangi.ac.id<sup>2</sup>, sepyan@poliwangi.ac.id<sup>3</sup>

\*Corresponding Author

### Abstract

The growth in the number of vehicles in Indonesia has always increased from year to year. Based on data from the Central Statistics Agency, it shows that from 2018 to 2020 there has been an increase of around 5.62% (2018-2019) and 1.89% (2019-2020). This condition causes the condition of parking lots in every public facility to always be a concern considering the lack of availability of parking spaces accompanied by an increase in the number of vehicles. This causes, in some places, especially for areas such as malls, the parking area is always filled with vehicles. Finally, it caused several visitors to experience difficulties in parking the vehicle. In this study, developing an automatic parking system by detecting, tracking and counting vehicles in real time. The proposed detection system is based on YOLO and to carry out vehicle calculations using calculations by checking vehicles that have crossed a predetermined center line. The system performance results show that the detection results show performance with an accuracy percentage of 85% and the results of counting or object calculations with an accuracy of 77.55%.

**Keywords:** Vehicle Detection, Classification, YOLO Algorithm, Mall Building, Parking Vehicle Management Vehicle.

### Abstrak

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia dari tahun ke tahun selalu mengalami peningkatan. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa pada tahun 2018 sampai dengan tahun 2020 mengalami peningkatan sekitar 5,62% (2018-2019) dan 1,89% (2019-2020). Kondisi ini menyebabkan kondisi lahan parkir pada setiap fasilitas umum selalu menjadi perhatian mengingat ketersediaan lahan parkir kurang dibarengi dengan peningkatan jumlah kendaraan. Hal ini menyebabkan, pada beberapa tempat terutama untuk area seperti mall, area parkirnya selalu terpenuhi dengan kendaraan. Akhirnya menyebabkan beberapa kali pengunjung mengalami kesulitan dalam melakukan parkir kendaraan. Pada penelitian ini, melakukan pengembangan sistem parkir otomatis dengan melakukan deteksi, *tracking* dan *counting* kendaraan secara real time. Sistem deteksi yang diusulkan berbasis YOLO dan untuk melakukan perhitungan kendaraan menggunakan perhitungan dengan melakukan pengecekan kendaraan yang telah melewati garis tengah yang telah ditentukan. Hasil performansi sistem menunjukkan bahwa hasil deteksi menunjukkan performansi dengan prosentase akurasi sebesar 85% dan hasil *counting* atau perhitungan objek dengan akurasi sebesar 77,55%.

**Kata Kunci:** Deteksi Kendaraan, Klasifikasi, Algoritma YOLO, Gedung Mall, Manajemen Parkir Kendaraan,

## I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia dari tahun ke tahun cukup pesat. Pada tahun 2018, berdasarkan data yang dihimpun oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia, jumlah kendaraan bermotor mencapai 126,51 juta unit dengan rincian mobil penumpang sejumlah 14,8 juta unit, bus sejumlah 222 ribu unit, mobil barang sejumlah 4,8 juta unit, dan sepeda motor sejumlah 106,51 juta unit [1]. Kuantitas ini terus meningkat dari tahun ke tahun dimana berdasarkan data dari BPS tersebut pada tahun 2019 meningkat 5,62% dan pada tahun 2020 meningkat lagi 1,89%. Jumlah ini diprediksi terus meningkat, mengingat

pertambahan jumlah penduduk Indonesia yang semakin banyak. Kondisi ini cukup mengkhawatirkan mengingat terbatasnya kesediaan lahan yang digunakan sebagai tempat parkir dari kendaraan itu sendiri.

Lahan parkir kendaraan sangat dibutuhkan di tempat umum atau fasilitas publik seperti perkantoran, perbelanjaan dan tempat hiburan yang harus disediakan oleh pemilik fasilitas. Pengaturan dan pemetaan lahan parkir secara manual, tidak lagi menjadi solusi yang efektif dalam mengatasi masalah parkir. Salah satu penyebab masalah yang sering terjadi adalah kurangnya informasi lahan parkir kosong diketahui oleh pengemudi, sehingga pengemudi

mobil maupun sepeda motor kesulitan dalam memarkirkan kendaraan mereka dan terkadang parkir di sembarang tempat. Keinginan setiap pengemudi adalah menemukan tempat parkir dengan mudah dan cepat. Namun, seringkali ditemukan tempat parkir yang penuh dihari-hari sibuk dan pengemudi tidak mengetahui ketersediaan tempat parkir dari awal. Mencari tempat parkir memakan banyak waktu dan menimbulkan kemacetan serta polusi udara [2]. Persoalan yang ditimbulkan adalah pencarian tempat parkir yang masih kosong, dimana kendaraan akan berputar-putar untuk mencari tempat parkir yang kosong dan disaat yang sama ada beberapa kendaraan yang menempati tempat parkir secara sembarangan. Tempat parkir yang seharusnya bisa ditempati 2 kendaraan hanya bisa ditempati 1 kendaraan saja [3].

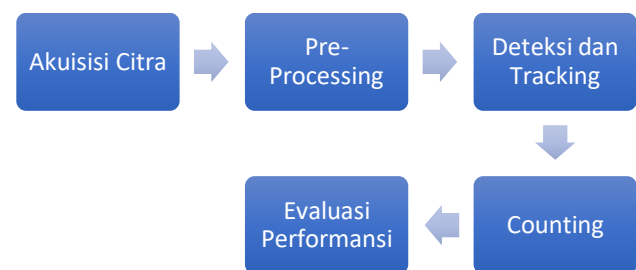
Teknologi informasi berkembang pesat yang mendorong terciptanya sistem yang dapat membantu mengatasi masalah yang terjadi, khususnya permasalahan pada parkir. Sistem *smart parking* adalah salah satu solusi yang ditawarkan untuk mengetahui ketersediaan slot tempat parkir [4]–[6]. Sistem *smart parking* dikembangkan dengan beberapa pendekatan oleh beberapa peneliti, seperti berbasis sistem deteksi dengan bantuan berbagai sensor seperti Magneto-meter, IR, Agent, *Cellular Sensor*, *Radio Frequency Identification* (RFID), *Magento Resistive*, *Ultrasonic*, *Acoustic Array*, sensor kamera, *LiDAR*, *Inductive Loop Detector*, dan RADAR. Teknologi sensor tersebut dimanfaatkan untuk pengembangan *smart parking* berbasis teknologi *internet of things* (IoT). Pemanfaatan sistem IoT dalam sistem *smart parking* menggunakan beberapa pendekatan, seperti pemanfaatan teknologi *multi-source data fusion* dengan memanfaatkan teknologi *wireless vehicle detectors* (WVDs) [7] dan *smart card* [8]. Peneliti lain memanfaatkan teknologi aplikasi *mobile* yang menyediakan informasi ketersediaan tempat parkir, keamanan dan keselamatan tempat parkir yang terintegrasi dengan Raspberry Pi sebagai pengontrol dari beberapa sistem yang terpasang [9], [10]. Selain dengan bantuan beberapa teknologi di atas, pengembangan *smart parking* juga dengan memanfaatkan teknologi pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan yang melakukan pengenalan atau deteksi ketersediaan area kosong pada lokasi parkir [11]–[15]. Selain itu, pada penelitian lain juga dikembangkan sistem penghitungan kendaraan yang masuk sehingga dapat diidentifikasi jumlah ketersediaan slot parkir [16].

Pada penelitian ini, mencoba untuk mengembangkan sistem *smart parking* dengan memanfaatkan teknologi pengenalan jenis kendaraan dan melakukan pemetaan kendaraan pada lahan parkir yang tersedia. Untuk bisa dikembangkan sistem ini diperlukan sistem *tracking* kendaraan melalui deteksi kendaraan untuk mengidentifikasi jenis kendaraan apakah berupa kendaraan roda dua ataupun roda empat. Sistem *smart parking* dikondisikan dengan melakukan perbedaan tempat untuk kedua jenis kendaraan tersebut. Pada penelitian ini dikembangkan sebuah sistem pengenalan dua jenis kendaraan tersebut dengan

menggunakan teknologi Menggunakan *You Only Look Once* (YOLO) berbasis pengolahan citra digital. Sistem ini bekerja dimana mulai masuk hingga kendaraan keluar tanpa ada bantuan manusia dan semua diotomatisasi dengan sebuah alat. Kendaraan masuk dideteksi dan diberikan slot tempat parkir yang harus ditempati. Apabila tempat parkir sudah penuh, maka pengunjung tidak bisa melakukan parkir ditempat tersebut. Pada sistem ini juga disediakan sistem *counting* atau perhitungan kendaraan yang masuk ke tempat parkir, sehingga kapasitas parkir yang tersedia bisa terhitung sehingga pada saat parkir sudah penuh, akan disediakan notifikasi kepada pengemudi untuk kesediaan tempat parkir. Manfaat yang ditawarkan adalah masyarakat akan lebih mudah dalam menemukan tempat parkir yang sesuai dengan jenis kendaraannya. Pemilihan metode Menggunakan *You Only Look Once* (YOLO), karena metode ini diyakini cepat dan tepat dalam melakukan identifikasi jenis kendaraan. Dimana tingkat akurasi dalam mendeteksi sebuah objek sebesar 89% [17].

## II. METODE PENELITIAN

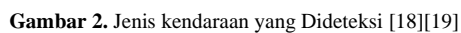
Pada penelitian ini, dilakukan beberapa tahapan yang dalam mengidentifikasi jenis kendaraan untuk pemetaan kendaraan pada tempat parkir diantaranya akuisisi data, thresholding, dan deteksi atau klasifikasi. Jenis kendaraan yang diklasifikasi terdiri dari 2 jenis yaitu sepeda motor, dan mobil. Berdasarkan hasil dari deteksi kendaraan yang didapatkan, selanjutnya akan dikategorikan tempat parkirnya sesuai dengan jenis kendaraannya. Untuk desain sistem pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Desain Sistem

### A. Akuisisi Citra

Pada penelitian ini, semua dataset yang digunakan merupakan hasil rekaman oleh tim peneliti. Jumlah dataset yang diambil dan digunakan sebanyak 10 dataset video. Dataset video yang digunakan memiliki resolusi 1920px x 1080px yang diambil dengan menggunakan kamera handphone dengan spesifikasi sistem operasi Android 11, MIUI 12.5 for POCO, Chipset: Qualcomm Snapdragon 860 (y nm), CPU: Octa-core (1x2.96 GHz Kryo 485 Gold & 3x2.42 GHz Kryo 485 Gold & 4x1.78 GHz Kryo 485 Silver). Dataset diambil dari beberapa pintu masuk tempat parkir beberapa mall, diantaranya: di pintu masuk area parkir Roxy mall Banyuwangi, pintu masuk area parkir mitra swalayan



### B. Pre-Processing

### C. Deteksi dan Tracking

Tahapa selanjutnya setelah tahapan pre-processing adalah proses deteksi dengan menggunakan YOLOv3. Proses deteksi menghasilkan prediksi bounding boxes pada setiap frame yang telah ditandai. Seluruh bounding box yang terprediksi kemudian dilakukan confidence thresholding dan intersection over union untuk menghasilkan bounding box yang bertanggung jawab terhadap objek sebenarnya yang

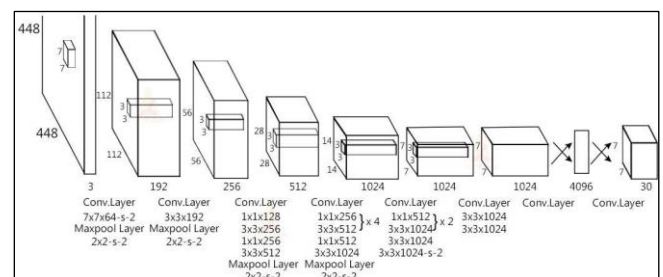
**Intersection**

**Union**

**Intersection over Union**

$$\text{IoU} = \frac{B_1 \cap B_2}{B_1 \cup B_2}$$

### Gambar 3. Prinsip Kerja YOLO



**Gambar 4.** Arsitektur YOLO [20], [21]

Erik Ektrada, copyright © 2023, SESSION  
Published by Politeknik Negeri Banyuwangi



konvolusi yang membuatnya lebih powerfull dibandingkan dengan arsitektur Darknet-19 dan juga lebih efisien dibandingkan ResNet-101 or ResNet-152 [20], [21]. Objek yang dinyatakan terdeteksi dilakukan proses pemberian label. Pada akhirnya terdapat 2 proses, yaitu proses menghitung jumlah objek yang dinyatakan terdeteksi pada setiap frame yang telah ditandai, proses untuk menyimpan frame yang telah ditandai yang telah dilakukan proses deteksi ke dalam bentuk berkas csv. Proses menghitung jumlah objek yang telah dinyatakan terdeteksi menghasilkan jumlah kendaraan yang terdeteksi pada masing-masing kategori, di mana terdapat empat kategori yaitu, kategori kendaraan mobil, truk, bus dan sepeda motor. Hasil tersebut kemudian dibawa ke proses selanjutnya untuk ditambahkan dengan informasi terkait proses deteksi, seperti id deteksi, tanggal dan waktu deteksi, nama berkas video yang dideteksi, serta durasi dari berkas video yang dideteksi.

#### D. Counting Objek

Pada tahap *counting* objek merupakan tahapan penghitungan jumlah kendaraan yang melakukan parkir. Prinsip penghitungan objek kendaraan pada penelitian ini menggunakan pendekatan sederhana dimana pada tahapan ini dilakukan pelacakan pada setiap posisi kendaraan dan id objek yang sesuai. Lalu akan diperiksa apakah objek berada diantara garis perlintasan atas dan garis persilangan tengah, kemudian id\_objek disimpan di up\_list untuk perhitungan kendaraan rute naik dan sebaliknya. Kemudian dilakukan pengecekan apakah objek telah melewati garis bawah atau belum. Jika objek melintasi garis bawah maka id\_objek dihitung sebagai kendaraan, dan juga ditambahkan 1 jenis penghitung.

#### E. Evaluasi Performansi Sistem

Evaluasi performansi sistem pada penelitian ini menggunakan nilai akurasi dengan menggunakan tabel *Confusion matrix*. Tabel ini menunjukkan kinerja dari sebuah model klasifikasi yang memiliki data jawaban benar. Untuk menghitung nilai akurasi berdasarkan tabel *Confusion Matrix* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1. Dimana TP (*True Positive*) menyatakan kondisi dimana model mengklasifikasikan data benar (*True*) sebagai data yang bernilai benar juga, TN (*True Negative*) menyatakan kondisi dimana model mengklasifikasikan data sebagai tidak (*False*) sebagai data yang bernilai tidak (*False*), FP (*False Positive*) menyatakan kondisi dimana model mengklasifikasikan data sebagai benar (*True*) sebagai data bernilai salah (*False*), sedangkan FN (*False Negative*) menyatakan kondisi bahwa model mengklasifikasikan data bernilai salah (*False*) sebagai benar (*True*) untuk jawaban aktualnya.

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \quad (1)$$

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pengembangan sistem deteksi dan *tracking* jenis kendaraan sebagai inisialisasi dalam pemetaan slot parkir kendaraan di gedung mall. Jenis kendaraan yang dideteksi adalah dua jenis yaitu motor dan mobil. Dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah berdasarkan video yang diambil oleh penulis di beberapa mall di Banyuwangi dan Jember, seperti di area parkir Roxy Mall Banyuwangi, pintu masuk area parkir Mitra Swalayan Jajag, Bares Swalayan Rogojampi, dan Roxy Square Jember. Sampel dataset yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3, dimana terdapat 10 dataset video yang digunakan dalam penelitian ini.

Dalam pengembangan sistem, pada penelitian ini menggunakan YOLO versi 3. Selain menggunakan YOLOv3 dalam pengembangan sistem deteksi dan *tracking*, pada penelitian ini juga menggunakan beberapa *tools* pendukung lainnya seperti: Bahasa pemrograman *Python 3.9*, *OpenCV 4.5.3*, *OpenCV Contrib 4.5.3.56*, *Pip 21.1.3*, *Numpy 1.19.5*, *darknet*.



Gambar 5. Dataset yang digunakan dalam penelitian

#### A. Hasil Deteksi, Tracking dan Counting Objek

Deteksi dan *tracking* pada penelitian ini menggunakan metode *Euclidean Distance* untuk melacak suatu objek. Metode ini adalah metode yang digunakan untuk menghitung jarak antara dua vector yang berfungsi untuk menguji ukuran yang digunakan sebagai interpretasi kedekatan jarak antar dua objek yang direpresentasikan menggunakan perbedaan antara dua titik pusat suatu objek.

Jika jaraknya kurang dari jarak yang sudah ditentukan, maka itu menegaskan bahwa objek tersebut sama dengan objek sebelumnya. Lalu akan diperiksa apakah jaraknya kurang dari 25, maka objek tersebut adalah objek yang sama dengan frame sebelumnya. Setelah mendapatkan objek yang telah terdeteksi, lalu menggunakan objek yang telah terdeteksi untuk melacak objek lain.

Selanjutnya pada tahapan *counting* objek, dilakukan pelacakan pada setiap posisi kendaraan dan *id\_kendaraan* yang sesuai. Lalu diperiksa apakah objek berada diantara garis perlintasan atas dan garis persilangan tengah. Kemudian *id\_kendaraan* disimpan dalam sebuah variable untuk penghitungan kendaraan rute naik dan sebaliknya. Pada hasil gambar dinyatakan dalam istilah “up” dan “down”. Kemudian dilakukan pengecekan apakah objek telah melewati garis bawah atau belum. Jika objek melintasi garis bawah, maka *id\_objek* dihitung sebagai kendaraan *up\_route*, dan ditambahkan 1 jenis penghitung *class* tertentu. Diperlukan titik koordinat y karena akan digunakan untuk menghitung kendaraan pada sumbu Y. Pada hal ini juga didefinisikan fungsi yang digunakan untuk menemukan titik tengah dari tiap objek. Lalu selanjutnya dilakukan pelacakan pada setiap posisi kendaraan dan *id\_objek* yang sesuai. Hasil yang didapatkan dari proses deteksi, *tracking* dan *counting* objek kendaraan dapat ditunjukkan pada gambar 6 berikut:



Gambar 6. Hasil Deteksi, Tracking dan Counting Objek

## B. Pengujian Performansi Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa dari sistem yang dikembangkan. Evaluasi performansi sistem dilakukan dengan menghitung nilai akurasi hasil deteksi dan mengukur kecepatan proses deteksi. Berdasarkan tabel confusion matrix dari hasil klasifikasi yang dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Klasifikasi Data Uji Berdasarkan Tabel Confusion Matrix

Label Klasifikasi Data	Jumlah Deteksi	Hasil Deteksi (Aktual)	
		Mobil	Motor
Mobil	14	12	0
Motor	35	2	33

Rerata model deteksi mampu mengklasifikasikan 2 jenis

kendaraan pada area parkir menggunakan YOLOv3 dengan akurasi 85%. Keakuratan dalam melakukan klasifikasi dipengaruhi oleh *region* yang berhasil diprediksi. Sistem menggunakan *input size* sebesar 320px x 320px. Selain melakukan pengujian berdasarkan nilai akurasi, pada penelitian ini juga dilakukan pengujian berdasarkan proses deteksi dan tracking. Kecepatan yang didapatkan pada masing-masing dataset ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2. Kecepatan Proses Deteksi

Dataset	Durasi (m.d)	Total Frame	Kecepatan (m.d)
Dataset1	01.06	1986	27.06
Dataset2	00.51	1521	25.15
Dataset3	01.00	2152	24.00
Dataset4	01.08	2215	24.56
Dataset5	01.57	3521	38.09
Dataset6	00.56	1682	25.00
Dataset7	01.20	2403	37.09
Dataset8	01.36	2890	30.55
Dataset9	00.20	604	07.52
Dataset10	00.46	1380	22.00
<b>Rerata</b>	<b>01.24</b>	<b>2035,4</b>	<b>22,10</b>

Hasil deteksi dan tracking kendaraan yang didapatkan tidak hanya dipengaruhi oleh sudut pengambilan data, tetapi juga perangkat keras yang digunakan. Pada penelitian ini, parameter yang digunakan dalam klasifikasi masih menggunakan parameter default dari YOLO, dimana model kendaraan yang digunakan sedikit berbeda dengan kendaraan yang digunakan di Indonesia. Akurasi masih bergantung pada pengambilan sudut pada dataset. Jika pengambilan sudut pada dataset yang digunakan kurang tepat, maka akan mengurangi akurasi pada sistem deteksi.

Selanjutnya, dari hasil performansi pada sistem *counting* kendaraan ditunjukkan pada table 3 berikut. Berdasarkan hasil perhitungan jumlah kendaraan yang dapat dikatakan terhitung dapat dikatakan bahwa pengambilan sudut dan kualitas dataset berpengaruh dalam perhitungan objek kendaraan. Hal ini dikarenakan jika pengambilan sudut terlalu rendah, maka akan ada beberapa objek kendaraan yang tidak dapat masuk ke dalam deteksi dan system perhitungan. Hasil dari algoritma yang diusulkan dengan dataset yang digunakan menunjukkan bahwa terdapat 38 kendaraan yang dapat dihitung dengan pendekatan yang digunakan dan 11 kendaraan yang tidak bisa terdeteksi. Hal ini menunjukkan, dari algoritma yang diusulkan, performansi hasil perhitungan (*counting*) kendaraan prosentasenya sebesar 77,55%.

Tabel 3. Hasil Counting

Jumlah Kendaraan yang terdeteksi	Jumlah Kendaraan yang Tidak Terdeteksi	Prosentase (%)
38	11	77,55

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa pengambilan dataset berupa video

didapatkan sejumlah 10 video yang diambil dari beberapa tempat pusat pembelanjaan di Banyuwangi dan Jember. Dataset yang digunakan memiliki dimensi ukuran resolusi sebesar 1920px x 1080px. Sistem deteksi dan tracking dikembangkan dengan menggunakan YOLOv3 untuk mendeteksi dua jenis kendaraan yaitu sepeda motor dan mobil yang masuk ke area parkir gedung mall. Pengujian performansi sistem menggunakan nilai akurasi dengan prosentase skor akurasi sebesar 85%. Selain itu, untuk kecepatan dalam melakukan deteksi didapatkan rerata sebesar 22 menit dan 10 detik per dataset yang digunakan. Sedangkan performansi hasil *counting* atau perhitungan kendaraan didapatkan prosentase performansi sistem sebesar 77,55%. Ketidakkuratan algoritma yang diusulkan untuk melakukan deteksi dikarenakan beberapa hal yaitu, dataset yang digunakan masih kurang banyak dan kurang terlalu presisi, kualitas kamera yang digunakan masih kurang bagus, serta adanya objek yang berhimpit atau dua objek yang melewati secara bersamaan sehingga mempengaruhi skor akurasi atau performansi sistem dalam melakukan deteksi dan *counting* kendaraan.

Untuk pengembangan selanjutnya, dilakukan pengembangan untuk memperbaiki model yang dideteksi agar lebih powerfull dalam melakukan deteksi dengan menggunakan pendekatan yang lebih bagus. Selain itu, juga dilakukan penambahan fitur penghitungan terhadap kendaraan yang dideteksi atau *ditracking*. Pada penelitian ini, dalam deteksi dan *tracking* masih dilakukan dengan menggunakan video, untuk ke depan dapat dilakukan secara *real-time* sehingga dapat dimanfaatkan secara nyata.

## REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2018-2020," [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id), 2020. <https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/jumlah-kendaraan-bermotor.html> (accessed Oct. 09, 2022).
- [2] D. Zulkarnain and E. S. Julian, "Perancangan Sistem Parkir Dengan Rekomendasi Lokasi Parkir," *JETRI J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 17–28, 2017.
- [3] 2017 Limantara, dkk, "Pemodelan Sistem Pelacakan LOT Parkir Kosong Berbasis Sensor Ultrasonic Dan Internet Of Things ( IOT ) Pada Lahan Parkir Diluar Jalan," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–10, 2017.
- [4] A. Fahim, M. Hasan, and M. A. Chowdhury, "Smart parking systems: comprehensive review based on various aspects," *Heliyon*, vol. 7, no. 5, p. e07050, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07050.
- [5] T. Singh, S. S. Khan, and S. Chadokar, "A Review on Automatic Parking Space Occupancy Detection," *2018 Int. Conf. Adv. Comput. Telecommun. ICACAT 2018*, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/ICACAT.2018.8933644.
- [6] F. Al-Turjman and A. Malekloo, "Smart parking in IoT-enabled cities: A survey," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 49, no. December 2018, 2019, doi: 10.1016/j.scs.2019.101608.
- [7] L. Lou, Q. Li, Z. Zhang, R. Yang, and W. He, "An IoT-Driven Vehicle Detection Method Based on Multisource Data Fusion Technology for Smart Parking Management System," *IEEE Internet Things J.*, vol. 7, no. 11, pp. 11020–11029, 2020, doi: 10.1109/JIOT.2020.2992431.
- [8] D. Kanteti, D. V. S. Srikar, and T. K. Ramesh, "Intelligent smart parking algorithm," *Proc. 2017 Int. Conf. Smart Technol. Smart Nation, SmartTechCon 2017*, pp. 1018–1022, 2018, doi: 10.1109/SmartTechCon.2017.8358524.
- [9] M. Venkata Sudhakar, A. V. Anora Reddy, K. Mounika, M. V. Sai Kumar, and T. Bharani, "Development of smart parking management system," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.07.040.
- [10] M. Alhelali, S. Nyeen, and Y. L. Lee, "Vision-Based Smart Parking Detection System Using Object Tracking," *2019 IEEE Conf. Sustain. Util. Dev. Eng. Technol. CSUDET 2019*, pp. 93–98, 2019, doi: 10.1109/CSUDET47057.2019.9214659.
- [11] S. C. Koumetio Tekouabou, E. A. Abdellaoui Alaoui, W. Cherif, and H. Silkan, "Improving parking availability prediction in smart cities with IoT and ensemble-based model," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 34, no. 3, pp. 687–697, 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2020.01.008.
- [12] D. K. Manase, Z. Zainuddin, S. Syarif, and A. K. Jaya, "Car Detection in Roadside Parking for Smart Parking System Based on Image Processing," *Proc. - 2020 Int. Semin. Intell. Technol. Its Appl. Humanification Reliab. Intell. Syst. ISITIA 2020*, pp. 194–198, 2020, doi: 10.1109/ISITIA49792.2020.9163744.
- [13] Y. M. Anggawijaya, T. H. Weng, and R. Herawati, "Energy Aware Parking Lot Availability Detection Using YOLO on TX2," *ICICOS 2019 - 3rd Int. Conf. Informatics Comput. Sci. Accel. Informatics Comput. Res. Smarter Soc. Era Ind. 4.0, Proc.*, pp. 3–7, 2019, doi: 10.1109/ICICoS48119.2019.8982448.
- [14] S. Rahman, M. Ramli, F. Arnia, R. Muharar, M. Ikhwani, and S. Munzir, "Enhancement of convolutional neural network for urban environment parking space classification," *Glob. J. Environ. Sci. Manag.*, vol. 8, no. 3, pp. 315–326, 2022, doi: 10.22034/gjesm.2022.03.02.
- [15] I. M. Hakim, D. Christover, and A. M. Jaya Marindra, "Implementation of an image processing based smart parking system using haar-cascade method," *ISCAIE 2019 - 2019 IEEE Symp. Comput. Appl. Ind. Electron.*, pp. 222–227, 2019, doi: 10.1109/ISCAIE.2019.8743906.
- [16] G. Khan, M. A. Farooq, Z. Tariq, and M. U. G. Khan, "Deep-learning based vehicle count and free parking slot detection system," *Proc. - 22nd Int. Multitopic Conf. INMIC 2019*, pp. 1–7, 2019, doi: 10.1109/INMIC48123.2019.9022687.
- [17] K. A. Shianto, K. Gunadi, and E. Setyati, "Deteksi Jenis Mobil Menggunakan Metode YOLO Dan Faster R-CNN," *J. Infra*, vol. 7, no. 1, pp. 157–163, 2019.
- [18] W. M. Sejati, "Produk Motor Honda," <https://www.wahanahonda.com/produk> (accessed Mar. 01, 2023).
- [19] K. D. H. Surabaya, "List Produk Honda," <https://dealerhondasurabayatermurah.com/> (accessed Mar. 01, 2023).
- [20] J. Redmon and A. Farhadi, "YOLOv3: An Incremental Improvement," *Tech Rep.*, pp. 1–6, Apr. 2018, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.02767>.
- [21] V. Meel, "YOLOv3: Real-Time Object Detection Algorithm (Guide)," 2022. <https://viso.ai/deep-learning/yolov3-overview/> (accessed Mar. 20, 2023).
- [22] L. Hakim, H. Rizaldi Rahmanto, S. Purnama Kristanto, and D. Yusuf, "Klasifikasi Citra Motif Batik Banyuwangi Menggunakan Convolutional Neural Network," *J. TEKNOINFO*, vol. 17, no. 1, pp. 203–211, 2023, [Online]. Available: <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/teknoinfo/index>
- [23] S. P. Kristanto, L. Hakim, D. Yusuf, E. S. Haq, M. N. Shodiq, and P. U. Rakhmawati, "Combination Of Markov Random Field And K-Means Clustering In Water Bacteria Image Segmentation," in *2022 5th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*, Dec. 2022, pp. 462–468, doi: 10.1109/ISRITI56927.2022.10052792.
- [24] S. P. Kristanto, L. Hakim, D. Yusuf, E. S. Haq, and A. R. Asyari, "Classification of Public Opinion on Vaccine Administration Using Convolutional Neural Network," in *2022 Fifth International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)*, Sep. 2022, pp. 65–71, doi: 10.1109/ICVEE57061.2022.9930412.