

Penerapan Computer Vision Berbasis YOLO untuk Pemantauan Otomatis Obstacle di Jalur Peron pada Sistem Perkeretaapian Modern

Mohammad Rasly Rasyid
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

razlyrasyid@student.telkomuniversity.ac.id

Reza Rendian Septiawan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

zaseptiawan@telkomuniversity.ac.id

Muhammad Faris Ruriawan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

muhammadfaris@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Sistem perkeretaapian modern di Indonesia, seperti MRT Jakarta dan LRT Jabodebek, menghadapi tantangan dalam menjaga ruang bebas jalur kereta dari keberadaan objek asing (obstacle) yang dapat mengganggu keselamatan dan kelancaran operasional. Penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem pemantauan otomatis berbasis computer vision dengan algoritma YOLOv11n sebagai pendekatan yang lebih ekonomis dibandingkan teknologi sensor tiga dimensi seperti LiDAR. Sistem terdiri dari kamera beresolusi tinggi, unit pemrosesan, serta modul peringatan visual dan audio, yang dirancang untuk mendeteksi lima kelas obstacle secara waktu nyata. Pengujian dilakukan melalui simulasi lingkungan nyata dengan metode penempatan acak dan terkontrol. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi deteksi yang tinggi pada kondisi pencahayaan optimal dan posisi objek sesuai data pelatihan. Sistem juga terbukti mampu memberikan peringatan secara efektif kepada petugas di sekitar area pantauan. Temuan ini menunjukkan bahwa solusi yang diusulkan berpotensi menjadi alternatif yang andal dan efisien dalam mendukung sistem keselamatan operasional perkeretaapian.

Kata kunci — computer vision, deteksi obstacle, keamanan perkeretaapian, pembatasan biaya, sistem otomatisasi, YOLO

I. PENDAHULUAN

Sistem perkeretaapian modern seperti MRT Jakarta dan LRT Jabodebek dirancang dengan teknologi canggih seperti CBTC dan Grade of Automation (GoA) [1] untuk mencapai efisiensi dan keselamatan tinggi. [2] Namun, permasalahan masih muncul di area peron, terutama dalam menjaga jalur kereta tetap steril dari obstacle seperti barang penumpang yang jatuh atau keberadaan manusia yang tidak terdeteksi. Meskipun terdapat regulasi yang mewajibkan jalur bebas hambatan, saat ini belum tersedia sistem yang secara otomatis dan khusus menangani permasalahan ini. Pemantauan masih mengandalkan CCTV dan patroli manual, yang rentan terhadap keterbatasan sudut pandang dan human error.[3] Seiring berkembangnya teknologi, pendekatan berbasis computer vision seperti algoritma YOLO (You Only Look Once) mulai banyak digunakan dalam sistem deteksi objek karena kecepatan dan akurasinya yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem otomatisasi pemantauan obstacle di jalur peron menggunakan YOLO, yang mampu mendeteksi objek secara real-time dan memberikan peringatan visual maupun audio

kepada petugas. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan keselamatan, efisiensi, serta keandalan operasional kereta dengan pendekatan teknologi yang lebih adaptif dan terintegrasi.

II. KAJIAN TEORI

Pengembangan untuk otomatisasi dalam pemantauan *obstacle* pada area peron ini melibatkan beberapa poin penting yang perlu dipahami untuk mewujudkan solusi yang kompeten dan sesuai kebutuhan.

A. Keselamatan Operasional Perkeretaapian

Keselamatan merupakan aspek fundamental dalam operasional sistem perkeretaapian modern. Dalam konteks perkeretaapian berbasis otomatisasi, seperti MRT Jakarta dan LRT Jabodebek, ruang bebas jalur (clearance zone) harus steril dari segala bentuk hambatan guna memastikan perjalanan kereta tidak terganggu dan tetap sesuai jadwal. [4] Regulasi nasional seperti *Peraturan Menteri Perhubungan No. 24 Tahun 2015* dan *No. 69 Tahun 2018* [5] menekankan pentingnya sistem manajemen keselamatan yang mampu mengantisipasi dan mendeteksi potensi bahaya secara sistematis.

B. Sistem Pemantauan dan Otomatisasi

Sistem pemantauan secara manual seperti patroli petugas dan CCTV telah umum digunakan, namun sangat bergantung pada kewaspadaan manusia dan rentan terhadap keterlambatan dalam pengambilan keputusan. Oleh karena itu, pendekatan berbasis otomatisasi yang dapat mendeteksi dan merespons secara waktu nyata diperlukan untuk meningkatkan efektivitas sistem pengawasan, khususnya pada area yang memiliki risiko tinggi seperti peron.

C. Computer Vision

Computer vision merupakan cabang dari kecerdasan buatan (AI) yang memungkinkan komputer mengekstraksi, menganalisis, dan memahami informasi dari gambar atau video. Dalam konteks ini, *computer vision* digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan objek yang masuk ke dalam area pantauan jalur kereta. Implementasi *computer vision* membutuhkan kombinasi antara perangkat keras (kamera dan prosesor) serta algoritma pengolahan citra digital yang efisien.

D. Algoritma YOLO (You Only Look Once)

YOLO merupakan algoritma deteksi objek real-time yang populer dalam bidang *computer vision*. [6] Algoritma ini bekerja dengan membagi gambar ke dalam grid dan secara simultan memprediksi bounding box serta kelas dari objek yang terdeteksi dalam satu langkah, sehingga memberikan kecepatan dan efisiensi yang tinggi dibandingkan metode deteksi konvensional. Versi ringan seperti YOLOv5n atau YOLOv11n banyak digunakan dalam aplikasi dengan keterbatasan perangkat keras seperti Raspberry Pi. [7]

E. Sistem Peringatan Visual dan Audio

Komponen penting dalam sistem otomatisasi ini adalah pemberian peringatan kepada petugas ketika obstacle terdeteksi. Sistem peringatan yang efektif menggunakan pendekatan multimodal, seperti *visual alert* (lampu strobo) dan *audio alert* (sirene), untuk meningkatkan kesadaran situasional secara cepat. Integrasi sistem deteksi dengan peringatan otomatis menjadi bagian dari upaya menciptakan sistem *advisory safety* yang responsif terhadap potensi gangguan.

III. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan rekayasa sistem yang bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem otomatisasi pemantauan obstacle pada jalur peron kereta. Metode yang digunakan mencakup tahapan identifikasi masalah, perancangan sistem, pengumpulan data, pengembangan model deteksi objek berbasis *computer vision*, serta pengujian performa sistem dalam skenario simulasi lingkungan nyata.

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*) yang bertujuan untuk merancang dan membangun sistem otomatisasi pemantauan obstacle pada jalur peron kereta berbasis *computer vision*. [8] Penelitian ini dilaksanakan dengan pendekatan rekayasa (*engineering design process*) yang terdiri dari tahap identifikasi masalah, perancangan sistem, pengembangan perangkat lunak dan keras, serta pengujian dan evaluasi sistem.

B. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian masalah ini dilakukan selama periode magang Juli - Desember 2025 di PT. MRT Jakarta, dengan proses uji coba sistem dilakukan dalam skenario simulasi di lingkungan yang menyerupai kondisi peron stasiun.

C. Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

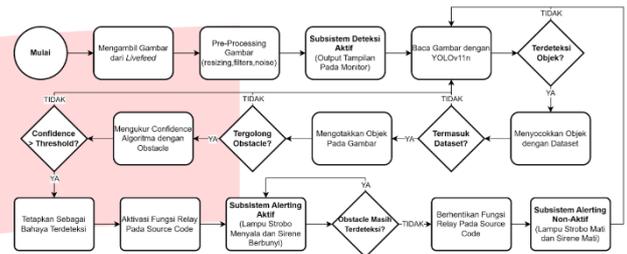
Data diperoleh dari dua sumber utama:

- Data primer berupa dataset gambar/video objek-objek yang diklasifikasikan sebagai obstacle (tas, koper, payung, orang, kucing), yang dikumpulkan melalui proses pengambilan gambar dan labeling secara manual, disesuaikan dengan format dataset COCO. [9]
- Data sekunder berupa literatur, peraturan perkeretaapian, dan dokumentasi teknis dari MRT

Jakarta sebagai referensi dalam menentukan spesifikasi dan konteks masalah.

D. Langkah-Langkah Penelitian

1. Identifikasi Masalah
Mengkaji isu keamanan operasional akibat obstacle yang jatuh ke jalur kereta, berdasarkan observasi lapangan dan literatur regulasi keselamatan.
2. Perancangan Sistem
Menyusun arsitektur sistem yang terdiri dari kamera, komputer pemroses (*Raspberry Pi 4*), dan sistem peringatan berbasis lampu strobo dan speaker. Alur kerja sistem diilustrasikan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Flowchart Sistem

3. Pengembangan Model Deteksi Objek
 - Melatih model YOLOv11n untuk mendeteksi lima kelas obstacle.
 - Menyesuaikan format dataset dan melakukan pelabelan (*bounding box*) menggunakan software labelImg.
4. Implementasi Perangkat Keras dan Lunak
 - Integrasi kamera dengan Raspberry Pi. [10]
 - Deploy model deteksi menggunakan PyTorch dan OpenCV.
5. Pengujian Sistem
 - Melakukan pengujian dengan dua metode: *random drop* dan *fixed position with varying conditions*.
 - Pengujian juga mencakup skenario *True Positive*, *False Positive*, *False Negative*, dan *Thresholding*.

6. Analisis Hasil
Menilai akurasi sistem berdasarkan jumlah deteksi benar, tidak terdeteksi, dan deteksi salah untuk masing-masing kelas obstacle.

E. Metode Analisis

Analisis dilakukan secara kuantitatif dengan mengukur tingkat akurasi deteksi untuk tiap skenario pengujian. Evaluasi sistem juga mencakup efektivitas alert visual dan audio serta ketahanan sistem terhadap pencahayaan rendah dan kondisi gangguan (semprotan air, guncangan). [11]

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan temuan utama dari pengujian sistem otomatisasi pemantauan obstacle yang telah dilakukan. Pembahasan disusun secara objektif dan sistematis untuk menjelaskan performa sistem dalam berbagai kondisi pengujian, serta menafsirkan hasil secara analitis guna menggeneralisasi efektivitas solusi.

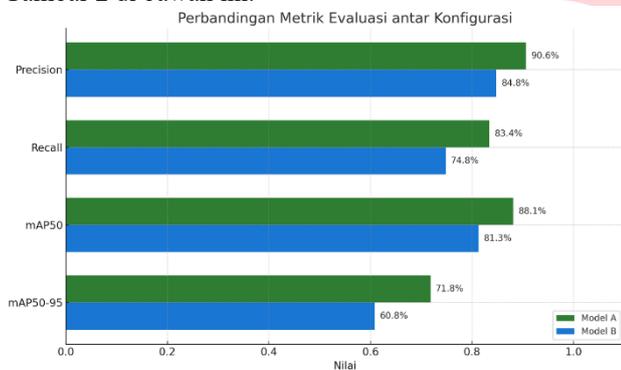
A. Hasil Pengujian Model Deteksi Obstacle (YOLOv11n)

Untuk mengevaluasi pengaruh konfigurasi terhadap performa model deteksi objek, dilakukan pelatihan menggunakan dua pengaturan *hyperparameter* yang berbeda namun dengan arsitektur model yang sama, yaitu YOLOv11n sesuai dengan Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Detil konfigurasi percobaan

Konfigurasi	Pretrained	Epochs	lr0	lrf	Batch Size	Patience	Optimizer	Workers
Model A	YES	150	0.01	0.1	Auto	15	SGD	8
Model B	NO	150	0.01	0.1	4	15	SGD	2

Berdasarkan hasil perbandingan dapat disimpulkan performa nilai *precision*, *recall*, *mAP50*, dan *mAP50-95* pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Grafik perbandingan antar model

- Tambahkan grafik confusion matrix (Gambar 5.4 & 5.5) dan F1-curve model (Gambar 5.6 & 5.7)

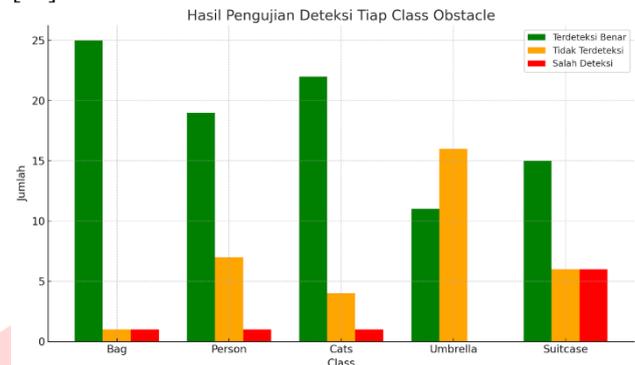
B. Hasil Pengujian Class Obstacle

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem dalam kondisi tidak teratur dengan cara menjatuhkan objek secara acak ke area pantauan sebanyak 30 kali untuk setiap kelas obstacle. Hasil pada Gambar 3 di bawah ini menunjukkan bahwa objek seperti *bag*, *person*, dan *cats* memiliki tingkat deteksi yang cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara real-time dalam kondisi umum.



Gambar 3 Grafik evaluasi dari hasil pengujian posisi tetap dengan faktor tambahan

Kemudian pengujian posisi tetap pada berikut ini, dilakukan untuk mengukur sensitivitas sistem terhadap berbagai kondisi lingkungan dan posisi objek. Objek diuji pada beberapa skenario seperti pencahayaan terang, redup, sudut kemiringan tertentu, serta jarak berbeda dari kamera. [12]



Gambar 4 Grafik evaluasi dari hasil pengujian posisi tetap dengan faktor tambahan

Pada tahap pengujian selanjutnya, dilakukan simulasi dengan meletakkan tiga objek sekaligus di area pantauan, terdiri dari kombinasi antara objek dalam kelas dataset dan objek asing yang tidak termasuk dalam dataset. Hasilnya menunjukkan bahwa *false positive* paling sering terjadi pada objek asing yang dideteksi sebagai *bag*, menunjukkan bahwa sistem masih memiliki keterbatasan dalam membedakan fitur visual yang mirip antar objek. Hasil pengujian terdapat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 Evaluasi dari hasil pengujian TP, TN,FP, FN, dan Threshold

No	Class	Threshold 0.5	Threshold 0.7
1	Bag, Person, Suitcase (True)	89%, 54%, 64%	82%, 80%, 78%
2	Person, Suitcase, Umbrella (True)	54%, 54%, 90%	80%, 72%, 74%
3	Suitcase, Person, Cat (True)	66%, 70%, X	90%, 84%, 71%
4	Person, Bag, Shoe (Mix)	66%, 82%, X	84%, 80%, X
5	Umbrella, Bag, Phone (Mix)	91%, 85%, X	71%, 70%, X
6	Person, Cat, Shoe (Mix)	82%, 52%, Bag 56%	82%, 85%, X
7	Helmet, Shoe, Phone (False)	X, X, X	X, X, X

No	Class	Threshold 0.5	Threshold 0.7
8	Box, Helmet, Shoe (False)	X, X, Bag 51%, X	X, X, X
9	Wallet, Box, Helmet (False)	X, X, Bag 67%	X, X, Bag 91%

Pengujian ini juga bertujuan untuk menilai keandalan sistem dalam mengidentifikasi obstacle secara benar dan menghindari deteksi palsu. Hasilnya memperlihatkan bahwa sistem cukup akurat dalam menghasilkan *true positive* untuk objek yang telah dikenali sebelumnya, namun masih rentan terhadap *false negative* pada objek dalam posisi vertikal atau pencahayaan minim, serta *false positive* terhadap objek asing yang memiliki kemiripan bentuk.

C. Hasil Analisis Subsystem Alerting

Sistem peringatan menggunakan lampu strobo dan speaker sirene diuji untuk memastikan efektivitas dalam menarik perhatian petugas. Pengujian menunjukkan bahwa lampu strobo memiliki tingkat kecerahan cukup, namun masih perlu dukungan suara untuk meningkatkan awareness. Kombinasi visual dan audio alert terbukti memberikan efek respons yang lebih cepat.

D. Pengujian Ketahanan Perangkat

Simulasi dilakukan dengan mengukur suhu sistem selama dalam keadaan aktif. Lalu pengujian cuaca dengan cara menyemprotkan air ke kamera, dan mengguncang sistem untuk meniru kondisi gempa ringan. Pada kondisi basah, sistem mengalami penurunan akurasi deteksi karena gangguan visual pada lensa kamera. Setelah penghalang dibersihkan, sistem kembali mendeteksi dengan baik. Guncangan sistem tidak mempengaruhi fungsionalitas kamera dan prosesor secara signifikan, namun tetap diperlukan stabilisasi tambahan untuk implementasi nyata.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah sistem otomatisasi pemantauan obstacle di area jalur peron kereta berbasis visi komputer yang menggunakan algoritma YOLOv11n. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi lima kelas objek: tas, koper, payung, kucing, dan manusia. Objek-objek ini berpotensi menjadi hambatan pada jalur kereta, khususnya di area peron yang memiliki risiko tinggi akibat aktivitas penumpang yang padat. Berdasarkan serangkaian pengujian dalam berbagai kondisi posisi, sudut kemiringan, dan pencahayaan, sistem menunjukkan performa deteksi yang cukup andal, terutama pada objek dengan bentuk konsisten dan pencahayaan yang optimal. Pengujian *true positive*, *false positive*, *true negative*, dan *false negative* memperkuat validitas sistem dalam membedakan objek yang relevan dengan yang tidak. Selain itu, integrasi dengan sistem peringatan visual dan audio terbukti efektif dalam meningkatkan kewaspadaan petugas terhadap potensi bahaya. Meskipun masih terdapat keterbatasan, seperti penurunan akurasi pada kondisi cahaya rendah dan bentuk objek yang berubah drastis, sistem ini menunjukkan potensi

besar sebagai solusi yang lebih ekonomis dan responsif dibandingkan dengan teknologi sensor 3D. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi alternatif yang layak untuk meningkatkan keamanan operasional pada sistem perkeretaapian modern di Indonesia.

REFERENSI

- [1] H. Wibowo, "Analisis Perbandingan Sistem Persinyalan Konvensional dengan CBTC pada MRT Jakarta," *Jurnal Teknologi dan Transportasi*, vol. 3, no. 1, pp. 7-5, 2021.
- [2] Direktorat Jenderal Perkeretaapian, "Sistem Persinyalan Perkeretaapian di Indonesia," Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, [Online]. Available: <https://djka.dephub.go.id>.
- [3] D. Filtress, P. Naweed, dan D. Larue, "Fatigue and distraction in train driving: A systematic review of human factors evidence," *Frontiers in Psychology*, vol. 13, 2022.
- [4] Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia, "PM 28 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api" Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, Jakarta, Indonesia, 2011.
- [5] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2018 tentang Sistem Manajemen Keselamatan Perkeretaapian. Jakarta: Kemenhub RI, 2018.
- [6] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," in *Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR)**, 2016, pp. 779–788.
- [7] G. Jocher et al., "YOLOv5 Documentation," *Ultralytics*, 2023. [Online]. Available: <https://docs.ultralytics.com/>. [Accessed: 10-Jul-2025].
- [8] A. Mulyadi, "Implementasi Deteksi Objek dengan YOLO untuk Monitoring Keamanan," *ResearchGate*. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/...>
- [9] Ultralytics Documentation, "YOLOv8 Models," *Ultralytics Documentation*, 2023.
- [10] Waveshare, "Raspberry Pi Camera Accessories," [Online]. Available: <https://www.waveshare.com/wiki/...>
- [11] D. A. Purnama, "Studi Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Kinerja Kamera Pi," *Skripsi*, Universitas Brawijaya, 2022.
- [12] D. A. Putra, "Analisis Akurasi Sistem Pendeteksi Objek Menggunakan YOLO," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 2, pp. 112–117, 2021.

