

**IMPLEMENTASI MODEL YOLOV8M UNTUK DETEKSI DAN
ESTIMASI POSISI HALANGAN BERBASIS KAMERA RGBD PADA
KENDARAAN OTONOM**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Komputer



Oleh
Wahyu Fahrizal Al Fayyadh
NIM 2103506

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KOMPUTER
KAMPUS UPI DI CIBIRU
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

HALAMAN HAK CIPTA

**IMPLEMENTASI MODEL YOLOV8M UNTUK DETEKSI DAN
ESTIMASI POSISI HALANGAN BERBASIS KAMERA RGBD PADA
KENDARAAN OTONOM**

oleh

Wahyu Fahrizal Al Fayyadh

NIM 2103506

Sebuah Skripsi yang Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Komputer

© Wahyu Fahrizal Al Fayyadh

Universitas Pendidikan Indonesia

2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis

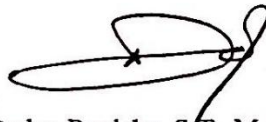
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

WAHYU FAHRIZAL AL FAYYADH

**IMPLEMENTASI MODEL YOLOV8M UNTUK DETEKSI DAN ESTIMASI
POSISI HALANGAN BERBASIS KAMERA RGBD PADA KENDARAAN
OTONOM**

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Deden Pradeka, S.T., M.Kom.

NIP. 920200419890816101

Pembimbing II

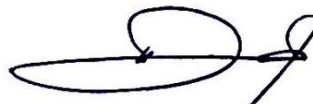


Anugrah Adiwilaga, S.ST., M.T.

NIP. 920200819880813101

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Komputer



Deden Pradeka, S.T., M.Kom.

NIP. 920200419890816101

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN BEBAS PLAGIARISME

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Implementasi Model YOLOv8m Untuk Deteksi dan Estimasi Posisi Halangan Berbasis Kamera RGBD Pada Kendaraan Otonom” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Januari 2025

Penulis,



Wahyu Fahrizal Al Fayyadh

NIM. 2103506

HALAMAN UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, karunia, serta kemudahan yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Implementasi Model YOLOV8M Untuk Deteksi Dan Estimasi Posisi Halangan Berbasis Kamera RGBD Pada Kendaraan Otonom”. Penyelesaian skripsi ini tentunya tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak yang telah memberikan saran, kritik, serta motivasi kepada penulis. Dalam proses penelitian ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Deden Pradeka, S.T., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Akademik, yang telah memberikan banyak bimbingan dorongan selama masa perkuliahan hingga proses penyelesaian skripsi. Beliau juga berperan sebagai pendamping dalam berbagai ajang perlombaan, selalu memberikan kepercayaan penuh. Selain itu, dalam kapasitasnya sebagai Ketua Program Studi Teknik Komputer, beliau juga memberikan pengawasan dan kebijakan yang senantiasa mendukung kemajuan mahasiswa. Kesempatan tersebut sangat membantu penulis untuk berkembang lebih baik hingga mencapai tahap ini. Semoga semua jasa dan bimbingan yang telah beliau berikan menjadi ladang kebaikan di masa depan.
2. Bapak Anugrah Adiwilaga, S.ST., M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan kritik yang konstruktif selama proses penyelesaian skripsi ini. Kehadiran beliau sebagai pembimbing sangat membantu penulis dalam menyelesaikan berbagai tantangan akademik dan teknis yang dihadapi. Bimbingan yang beliau berikan tidak hanya terbatas pada skripsi, tetapi juga mencakup upaya untuk meningkatkan kualitas akademik dan pengembangan potensi mahasiswa secara menyeluruh.
3. Bapak Roni Permana Saputra, PhD., selaku pembimbing lapangan, yang telah memberikan bantuan teknis secara mendalam dan penuh perhatian selama proses penelitian. Beliau tidak hanya mendampingi penulis dalam pengambilan data dan pengujian alat yang dikembangkan, tetapi juga memberikan panduan, saran, serta solusi atas berbagai tantangan teknis

yang dihadapi di lapangan. Semoga bimbingan dan kontribusi beliau menjadi inspirasi dan amal kebaikan yang berharga.

4. Bapak Wirmanto Suteddy, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik, yang telah membimbing dan memberikan arahan sejak awal perkuliahan hingga saat ini. Dedikasi Bapak dalam membimbing saya, baik dalam bidang akademik maupun pengembangan diri, telah menjadi inspirasi dan dorongan yang sangat berarti dalam perjalanan saya menyelesaikan studi ini. Semoga kebaikan dan ilmu yang Bapak bagikan senantiasa membawa keberkahan dan manfaat yang luas.
5. Seluruh Dosen dan Staf Program Studi Teknik Komputer yang telah berbagi pengetahuan dan wawasan berharga sepanjang masa perkuliahan.
6. Kedua orang tua penulis, Bapak Dedi Iskandar dan Ibu Euis Fatmawati, serta Adik penulis, Nafeeza Aurelia Rafanda, yang senantiasa memberikan dukungan tanpa henti sepanjang perjalanan perkuliahan hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki berbagai keterbatasan. Oleh karena itu, penulis dengan tulus membuka diri terhadap saran dan kritik yang membangun demi perbaikan di masa mendatang, baik untuk penelitian ini maupun untuk penelitian-penelitian berikutnya. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penulisan ini, serta memohon maaf atas segala kekurangan yang mungkin terdapat dalam karya ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat yang berarti bagi para pembaca.

Bandung, Januari 2025
Penulis,



Wahyu Fahrizal Al Fayyadh
NIM. 2103506

IMPLEMENTASI MODEL YOLOV8M UNTUK DETEKSI DAN ESTIMASI POSISI HALANGAN BERBASIS KAMERA RGBD PADA KENDARAAN OTONOM

Wahyu Fahrizal Al Fayyadh

2103506

ABSTRAK

Kecelakaan lalu lintas tetap menjadi masalah global yang masif, sehingga keselamatan berkendara menjadi aspek yang penting, terutama karena sebagian kecelakaan disebabkan oleh kesalahan manusia. Untuk mengurangi risiko tersebut, diterapkan solusi nyata yang mengacu pada tingkat satu otomatisasi berkendara menurut SAE International, yaitu fitur pengereman otomatis. Penelitian ini mengimplementasikan model YOLOv8m untuk mendeteksi objek halangan pada kendaraan otonom dengan *input* gambar warna (RGB) dari kamera RGBD. Selain itu, kamera kedalaman dari kamera RGBD juga dimanfaatkan untuk pengukuran jarak, estimasi posisi objek, dan pengereman otomatis, yang dapat dilakukan dengan memanfaatkan *bounding box* yang terdeteksi oleh model YOLOv8m. Model ini mencapai nilai *Mean Average Precision* (MAP) terbaik sebesar 0,8612 pada proses pelatihan model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengukuran jarak, estimasi posisi objek, dan pengereman otomatis dapat dilakukan dengan akurasi yang baik pada kondisi pencahayaan yang bervariasi dengan ditunjukkan *Mean Absolute Error* (MAE) mendekat nilai nol yang berarti mendekati nilai aktual. Hasil terbaik terdapat pada pengukuran jarak dicapai pada siang hari dengan nilai MAE sebesar 0,328 meter. Pada sistem estimasi posisi objek, koordinat x menunjukkan hasil terbaik pada siang hari dengan MAE sebesar 0,054, sedangkan koordinat y menunjukkan hasil terbaik pada sore hari dengan MAE sebesar 0,075. Implementasi pengereman otomatis juga terbukti dapat dilakukan, dengan nilai MAE sebesar 0,326. Penelitian ini, berkontribusi pada pengembangan teknologi kendaraan otonom, menunjukkan bahwa model YOLOv8m dapat diterapkan untuk pengukuran jarak, estimasi posisi, dan pengereman otomatis pada kendaraan otonom di lingkungan simulasi maupun kondisi nyata.

Kata Kunci : YOLOv8m; Kamera RGBD; Halangan; Kendaraan Otonom.

IMPLEMENTATION OF YOLOV8M MODEL FOR DETECTION AND ESTIMATION OBSTACLE POSITION BASED ON RGBD CAMERA IN AUTONOMOUS VEHICLES

Wahyu Fahrizal Al Fayyadh

2103506

ABSTRACT

Traffic accidents remain a massive global issue, making road safety an essential aspect, especially since a significant portion of accidents are caused by human error. To mitigate this risk, a practical solution is implemented based on Level 1 driving automation as defined by SAE International, namely the automatic braking feature. This study implements the YOLOv8m model to detect obstacle objects in autonomous vehicles using color image (RGB) input from an RGB-D camera. Additionally, the depth camera of the RGB-D system is utilized for distance measurement, object position estimation, and automatic braking, leveraging the bounding boxes detected by the YOLOv8m model. The model achieved its best Mean Average Precision (MAP) score of 0.8612 during the training process. The study results indicate that distance measurement, object position estimation, and automatic braking can be performed with good accuracy under various lighting conditions, as shown by a Mean Absolute Error (MAE) approaching zero, which indicates proximity to actual values. The best results for distance measurement were achieved during the daytime, with an MAE of 0.328 meters. For the object position estimation system, the x-coordinate showed the best performance during the daytime with an MAE of 0.054, while the y-coordinate showed the best results in the evening with an MAE of 0.075. The implementation of automatic braking was also proven effective, with an MAE of 0.326. This study contributes to the development of autonomous vehicle technology, demonstrating that the YOLOv8m model can be applied for distance measurement, object position estimation, and automatic braking in both simulated environments and real-world conditions.

Keywords : YOLOV8M; RGBD Camera; Obstacle; Autonomous Vehicle.

DAFTAR ISI

HALAMAN HAK CIPTA	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN BEBAS PLAGIARISME.....	iv
HALAMAN UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.4.1. Manfaat Teoritis.....	4
1.4.2. Manfaat Praktis	4
1.5. Batasan Penelitian	4
1.6. Struktur Organisasi Skripsi	5
BAB II.....	7
KAJIAN PUSTAKA	7
2.1. Tinjauan Pustaka	7
2.1.1. <i>Deep Learning</i>	7
2.1.2. YOLO (<i>You Only Look Once</i>)	9
2.1.3. Kamera RGBD	13
2.1.4. <i>Robot Operating System</i> (ROS)	16

2.1.5. Kendaraan Otonom	18
2.1.6. Halangan.....	19
2.2. Penelitian Terkait	21
BAB III	21
METODE PENELITIAN.....	22
3.1. Desain Penelitian	22
3.2. Metode Penelitian	24
3.2.1. Instrumen Penelitian.....	30
3.2.2. Metode Perancangan Model.....	33
3.3. Metode Pengujian Sistem	38
3.3.1. Metode Pengujian Pengukuran Jarak	38
3.3.2. Metode Pengujian Estimasi Posisi	40
3.3.3. Metode Pengujian Pengereman Otomatis	42
BAB IV	44
TEMUAN DAN PEMBAHASAN	44
4.1. Hasil Perancangan Model	44
4.1.1. Hasil Perencanaan dan Pengumpulan Data	44
4.1.2. Hasil Pengolahan Data	45
4.1.3. Hasil Pembuatan Model	47
4.1.4. Hasil Evaluasi Model	51
4.1.5. Hasil Implementasi Model	58
4.2. Hasil Perancangan Sistem pada Simulasi	61
4.3. Hasil Pengujian Sistem pada Simulasi.....	64
4.3.1. Hasil Pengujian Sistem Pengukuran Jarak pada Simulasi	64
4.3.2. Hasil Pengujian Sistem Estimasi Posisi pada Simulasi.....	66
4.3.3. Hasil Pengujian Pengereman Otomatis pada Simulasi	68
4.4. Hasil Perancangan pada Sistem Nyata.....	69

4.5. Hasil Pengujian Sistem Nyata.....	72
4.5.1. Hasil Pengujian Pengukuran Jarak pada Sistem Nyata	72
4.5.2. Hasil Pengujian Estimasi Posisi pada Sistem Nyata	81
4.5.3. Hasil Pengujian Pengereman Otomatis pada Sistem Nyata	88
4.6. Analisis Pembahasan.....	89
4.6.1. Analisis Pembahasan Pengujian Model Deteksi	89
4.6.2. Analisis Pembahasan Hasil Pengujian Jarak	90
4.6.3. Analisis Pembahasan Hasil Pengujian Estimasi Posisi	91
4.6.4. Analisis Pembahasan Hasil Pengujian Pengereman Otomatis ...	91
BAB V	93
SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI	93
5.1. Simpulan	93
5.2. Implikasi	93
5.3. Rekomendasi.....	94
DAFTAR PUSTAKA.....	95
LAMPIRAN.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur <i>deep learning</i>	7
Gambar 2. 2 Komparasi model YOLOv8 dengan versi sebelumnya.....	10
Gambar 2. 3 Arsitektur YOLOv8.....	11
Gambar 2. 4 Konsep triangulasi <i>stereo vision</i>	14
Gambar 2. 5 Visualisasi kendaraan otonom SEATER	19
Gambar 3. 1 Desain penelitian.....	22
Gambar 3. 2 Tahapan metode <i>Design and Development Research</i>	25
Gambar 3. 3 Diagram arsitektur sistem	26
Gambar 3. 4 Diagram alir sistem	29
Gambar 3. 5 Metode perancangan model AILC	33
Gambar 3. 6 Visualisasi pengambilan nilai jarak dari kamera RGBD.....	38
Gambar 3. 7 Visualisasi pengambilan data jarak	39
Gambar 3. 8 Visualisasi pengambilan nilai koordinat posisi	40
Gambar 3. 9 Visualisasi pengujian pengereman otomatis	42
Gambar 4. 1 Tampilan pada lama Roboflow.....	44
Gambar 4. 2 Berkas lokasi data set.....	47
Gambar 4. 3 <i>Hyperparameter</i> yang digunakan dalam proses pelatihan	48
Gambar 4. 4 <i>Freezing layer</i> pada proses pelatihan	49
Gambar 4. 5 Hasil proses augmentasi dan <i>mosaic</i> pada data latih.....	50
Gambar 4. 6 <i>Early stopping</i> dan waktu pelatihan model.....	51
Gambar 4. 7 Hasil dari proses pelatihan	51
Gambar 4. 8 <i>Confussion matrix</i> hasil pengujian	53
Gambar 4. 9 <i>Confusion matrix normalized</i>	54
Gambar 4. 10 Kurva F1- <i>Confidence</i>	55
Gambar 4. 11 Kurva <i>Precision-Confidence</i>	56
Gambar 4. 12 Kurva <i>Recall-confidence</i>	56
Gambar 4. 13 Kurva <i>Precision-Recall</i>	57
Gambar 4. 14 Hasil Implementasi model pada simulasi.....	58
Gambar 4. 15 Hasil Implementasi model pada kondisi pagi hari	59
Gambar 4. 16 Hasil Implementasi model pada kondisi siang hari.....	59
Gambar 4. 17 Hasil Implementasi model pada kondisi sore hari	60

Gambar 4. 18 Hasil Implementasi model pada kondisi dalam ruangan.....	61
Gambar 4. 19 (a) Gambar berwarna (b) gambar kedalaman.....	62
Gambar 4. 20 Spesifikasi robot simulasi.....	63
Gambar 4. 21 Objek yang dideteksi pada kondisi simulasi	63
Gambar 4. 22 Visualisasi pengujian jarak pada simulasi	64
Gambar 4. 23 Grafik perbandingan nilai aktual dan prediksi jarak pada simulasi	65
Gambar 4. 24 Visualisasi pengujian posisi pada simulasi.....	66
Gambar 4. 25 Hasil visualisasi simulasi pada RViz	67
Gambar 4. 26 Pendeteksian sebelum pengereman	68
Gambar 4. 27 Pendeteksian setelah pengereman	68
Gambar 4. 28 Hasil dari kamera warna dengan hasil deteksi	70
Gambar 4. 29 Hasil dari kamera kedalaman	70
Gambar 4. 30 Hasil dari <i>point cloud</i>	71
Gambar 4. 31 Visualisasi pengambilan data jarak	72
Gambar 4. 32 Nilai <i>lux</i> pada pengujian jarak pagi hari.....	74
Gambar 4. 33 Perbandingan nilai aktual dan pengujian pada kondisi pagi hari ...	74
Gambar 4. 34 Nilai <i>lux</i> pada pengujian siang hari	76
Gambar 4. 35 Hasil perbandingan nilai aktual dan pengujian pada siang hari	77
Gambar 4. 36 Nilai <i>lux</i> pada pengujian sore hari.....	78
Gambar 4. 37 Perbandingan nilai aktual dan pengujian pada kondisi sore hari ...	79
Gambar 4. 38 Nilai <i>lux</i> pada kondisi dalam ruangan	80
Gambar 4. 39 Perbandingan nilai aktual dan pengujian pada kondisi dalam ruangan.....	81
Gambar 4. 40 Gambar pengujian posisi dan <i>marker</i> pada data Pagi hari.....	81
Gambar 4. 41 Nilai <i>lux</i> pada saat pengujian posisi dan <i>marker</i> kondisi pagi hari	82
Gambar 4. 42 Pengujian posisi dan <i>marker</i> pada saat kondisi siang hari	83
Gambar 4. 43 Nilai <i>lux</i> pada saat pengujian posisi dan <i>marker</i> kondisi siang hari	83
Gambar 4. 44 Pengujian posisi dan <i>marker</i> pada data sore hari	85
Gambar 4. 45 Nilai <i>lux</i> pada saat pengujian posisi dan <i>marker</i> sore hari.....	85
Gambar 4. 46 Pengujian posisi dan <i>marker</i> pada data kondisi dalam ruangan.....	86

Gambar 4. 47 Nilai <i>lux</i> pada saat pengujian posisi dan <i>marker</i> pada data kondisi dalam ruangan	87
Gambar 4. 48 Beberapa sampel data latih kategori bus	90

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 <i>Hyperparameter</i> yang akan digunakan	35
Tabel 4. 1 Sub data set pelatihan	46
Tabel 4. 2 Sub data set validasi	46
Tabel 4. 3 Sub data set pengujian.....	46
Tabel 4. 4 Hasil pengujian sistem penghitungan jarak pada simulasi.....	64
Tabel 4. 5 Hasil dari pengambilan data estimasi posisi pada kondisi simulasi.....	67
Tabel 4. 7 Hasil pengujian pengereman otomatis pada simulasi	69
Tabel 4. 8 Hasil pengujian jarak pada kondisi pagi hari	73
Tabel 4. 9 Hasil pengukuran jarak pada kondisi siang hari.....	75
Tabel 4. 10 Hasil penghitungan jarak pada kondisi sore hari	77
Tabel 4. 11 Hasil pengukuran jarak pada kondisi dalam ruangan.....	79
Tabel 4. 12 Hasil pengujian estimasi posisi pada kondisi pagi hari.....	82
Tabel 4. 13 Hasil pengujian estimasi posisi pada kondisi siang hari	84
Tabel 4. 14 Hasil pengujian estimasi posisi pada kondisi sore hari	85
Tabel 4. 15 Hasil pengujian estimasi posisi pada kondisi dalam ruangan	87
Tabel 4. 16 Hasil pengujian pengereman otomatis pada dalam ruangan	88
Tabel 4. 17 Perbandingan data tingkat kepercayaan model pada pengujian model deteksi di berbagai kondisi.....	89
Tabel 4. 18 Perbandingan data pada pengukuran jarak di berbagai kondisi	90
Tabel 4. 19 Perbandingan data pada pengukuran posisi di berbagai kondisi.....	91
Tabel 4. 20 Perbandingan data pada pengereman otomatis di berbagai kondisi....	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data gambar hasil pengujian jarak	101
Lampiran 2. Data gambar hasil pengujian estimasi posisi	101
Lampiran 3. Data gambar hasil pengujian pengereman otomatis	102
Lampiran 4. Berkas kode <i>node</i> pendeteksian halangan	102
Lampiran 5. Berkas kode <i>node</i> pengereman otomatis	103
Lampiran 6. Hasil dari pelatihan model	103
Lampiran 7. Kode pelatihan model	104
Lampiran 8. Berkas kumpulan data set yang digunakan pada pelatihan model .	104

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Aty, M., & Ding, S. (2024). A matched case-control analysis of autonomous vs human-driven vehicle accidents. *Nature Communications*, 15(1), 4931.
- Assyauqi, M. I. (2020). Model Pengembangan Borg and Gall. *Researchgate*, No. December.
- Azurmendi, I., Zulueta, E., Lopez-Guede, J. M., & González, M. (2023). Simultaneous Object Detection and Distance Estimation for Indoor Autonomous Vehicles. *Electronics*, 12(23), 4719.
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Jumlah kecelakaan, korban mati, luka berat, luka ringan, dan kerugian materi*. Diakses pada [2 Agustus 2024], dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NTEjIzI=/jumlah-kecelakaan-korban-mati-luka-berat-luka-ringan-dan-kerugian-materi.html>
- Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. arXiv preprint arXiv:2004.10934.
- De Silva, D., & Alahakoon, D. (2022). An *Artificial Intelligence Life Cycle*: From conception to production. *Patterns*, 3(6).
- Dong, S., Wang, P., & Abbas, K. (2021). A survey on deep learning and its applications. *Computer Science Review*, 40, 100379.
- El Ghazouali, S., Mhirit, Y., Oukhrif, A., Michelucci, U., & Nouira, H. (2024). FusionVision: A comprehensive approach of tiga dimensi object reconstruction and segmentation from RGBD cameras using YOLO and fast segment anything. *Sensors*, 24(9), 2889.
- Fagnant, D. J., & Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167-181.
- Fan, Z., Sun, N., Qiu, Q., Li, T., & Zhao, C. (2021). Depth Ranging Performance Evaluation and Improvement for RGBD Cameras on Field-Based High-Throughput Phenotyping Robots. In *2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 3299-3304). IEEE.

- Golroudbari, A. A., & Sabour, M. H. (2023). Recent advancements in deep learning applications and methods for autonomous navigation: A comprehensive review. *arXiv preprint arXiv:2302.11089*.
- Guan, Z. (2023). Real-time object recognition based on YOLO model. *Proceedings of the 2023 International Conference on Mathematical Physics and Computational Simulation*. <https://doi.org/10.54254/2753-8818/28/20230450>.
- (Grewe, L. L., & Kak, A. C. (1994). Stereo vision. Dalam *Handbook of pattern recognition and image processing* (Vol. 2, hlm. 239-317).
- Häne, C., Sattler, T., & Pollefeys, M. (2015, September). Obstacle detection for self-driving cars using only monocular cameras and wheel odometry. In *2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 5101-5108). IEEE.
- Haris, M., & Hou, J. (2020). Obstacle detection and safely navigate the autonomous vehicle from unexpected obstacles on the driving lane. *Sensors*, 20(17), 4719. <https://doi.org/10.3390/s20174719>.
- Hasan, M., Alavee, K. A., Bashar, S. Z. B., Rahman, M. T., Hossain, M. I., & Alam, M. G. R. (2023). Comparative Study of Object Detection Models for Safety in Autonomous Vehicles, Homes, and Roads Using IoT Devices. In *2023 IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (CSDE)* (pp. 1-6). IEEE.
- Helnawan, A., Attamimi, M., & Irfansyah, A. N. (2023). Sistem Segmentasi Jalan dan Objek untuk Kendaraan Otonom Menggunakan Kamera RGBD. *Jurnal Teknik ITS*, 12(1), A55-A62.
- Intel Corporation. (2024). *Intel RealSense D400 Series Datasheet*. [online]. Diakses dari <https://www.intelRealSense.com/wp-content/uploads/2024/10/Intel-RealSense-D400-Series-Datasheet-October-2024.pdf>
- Jamal, M., Faisal, S., Kusumaningrum, D. S., & Rohana, T. (2024). Application of YOLOv8 for product defect detection in manufacturing companies. *JUSIKOM PRIMA (Jurnal Sistem Informasi dan Ilmu Komputer Prima)*, 8(1).

- Jamzuri, E. R., Analia, R., & Susanto, S. (2023). Object Detection and Pose Estimation with RGBD Camera for Supporting Robotic Bin-Picking. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(1), 128.
- Jocher, G., et al. (2023). YOLO by Ultralytics: Real-Time Object Detection. Ultralytics GitHub Repository.
- Kuriakose, B., Shrestha, R., & Sandnes, F. E. (2022). LiDAR-based obstacle detection and distance estimation in navigation assistance for visually impaired. *HCII 2022: Universal Access in Human-Computer Interaction. User and Context Diversity, 16th International Conference, UAHCI 2022, Held as Part of the 24th HCI International Conference, Proceedings, Part II*, 13309, 1-10. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05039-8_35
- Lin, C. J., Jeng, S. Y., & Lioa, H. W. (2021). A Real-Time Vehicle Counting, Speed Estimation, and Classification System Based on Virtual Detection Zone and YOLO. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021(1), 1577614.
- Lin, T. Y., Maire, M., Belongie, S., Hays, J., Perona, P., Ramanan, D., ... & Zitnick, C. L. (2014). Microsoft COCO: *Common Objects in Context*. European Conference on Computer Vision (ECCV).
- Lin, T.-Y., Maire, M., Belongie, S., Bourdev, L., Girshick, R., Hays, J., Perona, P., Ramanan, D., Zitnick, C. L., & Dollár, P. (2014). Microsoft COCO: Common objects in context. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1405.0312>
- Lolang, E. (2014). Hipotesis Nol dan Hipotesis Alternatif. *Jurnal Keguruan Dan Ilmu Pendidikan*, 3(3), 685-695.
- Long, N., Yan, H., Wang, L., Li, H., & Yang, Q. (2022). Unifying obstacle detection, recognition, and fusion based on the polarization color stereo camera and LiDAR for the ADAS. *Sensors*, 22(7), 2453. <https://doi.org/10.3390/s22072453>
- Noor, M. H. M., & Ige, A. O. (2024). *A survey on state-of-the-art deep learning applications and challenges* [Preprint]. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.17561>

- Panja, E., Hendry, & Dewi, C. (2024). YOLOv8 analysis for vehicle classification under various image conditions. *Scientific Journal of Informatics*, 11(1), 127.
- Pradityarahman, Y., Hestiwi, D. I., Al-Mustaqim, F., & Hakim, M. L. (2021). Prototype Smart Autonomous Car berbasis Deep Learning dengan Sistem Pencegah Kecelakaan. *Jurnal Edukasi Elektro*, 5(2), 91-97.
- Pratama, A. B., Kadir, R. E. A., & Hady, M. A. (2022). Deteksi Ruang Kosong pada Jalan Menggunakan Semantic Segmentation pada Mobil Otonom. *Jurnal Teknik ITS*, 11(1), A23-A28.
- Pohan, M. A. R., Trilaksono, B. R., Santosa, S. P., & Rohman, A. S. (2019). Algoritma perencanaan jalur kendaraan otonom di lingkungan perkotaan dari sudut pandang filosofi Kuhn dan filosofi Popper. *TELEKONTRAN*, 7(2). <https://doi.org/10.34010/telekontran.v7i2.2627>
- Rahmadani, K., Rifaldi, U. A., & Umam, H. (2024). Revolusi Pendidikan Indonesia Di Era 5.0. *Cendekia: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 18(1), 65-71.
- Ramadhana, R. Z., & Nasution, M. I. P. (2024). Analisis Dampak Penerapan Teknologi AI pada Pengambilan Keputusan Strategis dalam Sistem Informasi Manajemen. *Jurnal Ilmiah Research and Development Student*, 2(1), 161-168.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). *You Only Look Once: Unified, real-time object detection*. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1506.02640>
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2014). *Design and development research: Methods, strategies, and issues*. Routledge.
- Rosalina, R., & Wijaya, A. (2020). Pendeteksian Penyakit pada Daun Cabai dengan Menggunakan Metode Deep Learning. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 6(3).
- SAE International. (2021). *Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems (SAE Standard J3016)*. <https://www.sae.org>
- Saputra, R. P., Pristianto, E. J., Mirdanies, M., & Kurniawan, D. (2023). *Autonomous Docking Method via Non-linear Model Predictive Control*. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2312.16629>

- Sari, A. C. (2018). Autonomous car. *School of Computer Science*.
<https://socs.binus.ac.id/2018/12/06/autonomous-car/>
- Sharkawy, A.-N. (2024). The effect of increasing hidden layers on the performance of the deep neural network: Modelling, investigation, and evaluation. *Research on Engineering Structures & Materials*, *x(x)*, xx-xx.
<https://doi.org/10.17515/resm2024.442st0909tn>
- Siswanto, J., Syaban, A. S Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2023). *Tekan angka kecelakaan lalu lintas, Kemenhub ajak masyarakat beralih ke transportasi umum dan utamakan keselamatan berkendara*. Diakses dari
<https://dephub.go.id/post/read/%E2%80%8Btekan-angka-kecelakaan-lalu-lintas,-kemenhub-ajak-masyarakat-beralih-ke-transportasi-umum-dan-utamakan-keselamatan-berkendara>.
- Siswanto, J., Syaban, A. S. N., & Hariani, H. (2023). Artificial intelligence in road traffic accident prediction. *Jambura Journal of Informatics*, *5(2)*, 77-90.
- Skoczeń, M., Ochman, M., Spyra, K., Nikodem, M., Krata, D., Panek, M., & Pawłowski, A. (2021). Obstacle detection system for agricultural mobile robot application using RGBD cameras. *Sensors*, *21(16)*, 5292.
- Slamet, F. A. (2022). *Model penelitian pengembangan (R & D)*. Malang: Institut Agama Islam Sunan Kalijogo.
- Susanthi, Y. (2023). Mapping dan Navigasi untuk Robot Pengantar Makanan di Restoran Berbasis ROS. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, *22(1)*, 111-128.
- Sutarti, S., Samsuni, S., & Asseghaf, I. (2019). Sistem Keamanan Rumah melalui Pengenalan Wajah Menggunakan Webcam dan Library Opencv Berbasis Raspberry Pi. *Jurnal Dinamika Informatika*, *8(2)*, 13-26.
- Tang, S., Zhu, Q., Chen, W., Darwish, W., Wu, B., Hu, H., & Chen, M. (2016). Enhanced RGBD mapping method for detailed tiga dimensi indoor and outdoor modeling. *Sensors*, *16(10)*, 1589.
- Tellis, L., Engelman, G., Christensen, A., Cunningham, A., Debouk, R., Egawa, K., Green, C., Kawashima, C., Nicols, G., Prokhorov, D., Wendling, B., Yako, S., & Kiger, S. (2016). *Automated vehicle research for enhanced safety: Final report* (Report No. DTFH6114H00002). Crash Avoidance Metrics

- Partnership on behalf of the Automated Vehicle Research Consortium. Sponsored by the National Highway Traffic Safety Administration. <https://www.nhtsa.gov>
- Tychola, K. A., Tsimperidis, I., & Papakostas, G. A. (2022). On 3D reconstruction using RGBD cameras. *Digital*, 2(3), 401-421.
- Ultralytics. (2023, Januari 10). Issue #189: Discussions on YOLOv8 [GitHub repository]. GitHub. Diakses pada 20 Oktober 2024, dari <https://github.com/ultralytics/ultralytics/issues/189>
- Ultralytics. (2023, 12 November). *YOLOv8 models documentation*. Diakses pada 23 Januari 2035, dari <https://docs.ultralytics.com/models/yolov8/>
- Urip, T., Adi, K., & Widodo, C. E. (2017). Pengukuran jarak objek pejalan kaki terhadap kamera menggunakan kamera stereo terkalibrasi dengan segmentasi objek histogram of oriented gradient. *Youngster Physics Journal*, 6(3), 249-262.
- World Health Organization. (2023). *Global status report on road safety 2023*. Geneva: World Health Organization. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Yoshida, T., Kawahara, T., & Fukao, T. (2022). Fruit recognition method for a harvesting robot with RGBD cameras. *ROBOMECH Journal*, 9(1), 15.
- Yudoprakoso, P. W. (2019). Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) Sebagai Alat Bantu Proses Penyusunan Undang-Undang Dalam Upaya Menghadapi Revolusi Industri 4.0 Di Indonesia. *Simposium Hukum Indonesia*, 1(1), 450-461.
- Zhang, C., Huang, T., & Shen, Y. (2021). A Review of RGBD Camera Calibration Methods. *Journal of Geodesy & Geoinformation Science*, 4(4), 11. <https://doi.org/10.11947/j.JGGS.2021.0402>