

KLASIFIKASI DAN VOLUME KENDARAAN BINA MARGA DARI REKAMAN VIDEO LALULINTAS DENGAN METODE ARTIFICIAL INTELLIGENCE - YOLO V8 PADA JALAN TOL JAKARTA-BOGOR DAN JAKARTA-TANGERANG

Doni Haidar Nur¹, Darmadi²
Universitas Jayabaya, Indonesia
prodiftsp2023@gmail.com

Submitted: 14th July 2024/ **Edited:** 16th Sept 2024/ **Issued:** 01st Oct 2024

Cited on: Nur, D. H., & Darmadi, D. (2024). KLASIFIKASI DAN VOLUME KENDARAAN BINA MARGA DARI REKAMAN VIDEO LALULINTAS DENGAN METODE ARTIFICIAL INTELLIGENCE - YOLO V8 PADA JALAN TOL JAKARTA-BOGOR DAN JAKARTA-TANGERANG. *SCIENTIFIC JOURNAL OF REFLECTION: Economic, Accounting, Management and Business*, 7(4), 1096-1105.

ABSTRACT

The software helps solve things faster, e.g., Epanet software, Pipe Flow Expert, WaterCAD, SAP2000 planning software, etc. Likewise, in the field of calculating traffic volume with the development of artificial intelligence technology, using video recording, volume, and speed calculations can be done easily. At this time, the classification of traffic counting is only up to 3 (three) types of vehicles classified by YOLO V8, so in this research, the classification is added to be 6 (six) types of vehicles, namely mini cars, mobile passengers, small buses, big buses, small trucks, and large trucks, according to vehicle classification established in Indonesia. The research method is done by recording the traffic on the road and then video recording with the help of the software developed with the Python program so that the volume of the vehicle according to its classification is obtained. The result obtained from this research is compared to the manual traffic counting. The comparison between vehicle counting by the software and manual counting is mini-car 97.02%, passenger car 99.49%, small bus 96.94%, large bus 97.34%, small truck 93.21%, and large truck 97.18%.

Keywords: Bina Marga, Vehicles Classification, Artificial Intelligent, Traffic Volume, YOLO V8, Video Recording

PENDAHULUAN

Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence, AI*) telah memberikan peluang di berbagai industri mulai dari energi terbarukan (Hussain et al. 2019), pemanfaatan di bidang teknik sipil (Abioye et al. 2021), bidang teknik mesin misalnya mobil tanpa awak (Nti et al. 2022a) (Nti et al. 2022b)(Abioye et al. 2021)(Bankins et al. 2024)(Yong et al. 2015), dan keamanan hingga layanan kesehatan (von Gerich et al. 2022)(Babina et al. 2024), serta sektor pendidikan (Datta et al. 2024), bahkan menjadi pengganti manusia dalam menjawab permasalahan ringan misalnya *chatGPT*. Namun, salah satu industri yang siap melakukan otomatisasi secara signifikan melalui *Computer-Vision (Open-CV)* (Wang 2024)(Candra, Sunarya, and Saraswati 2023) adalah industri manufaktur dan juga bidang keteknikan. Manufaktur memiliki cakupan luas untuk otomatisasi, namun ketika

menangani inspeksi cacat permukaan dapat terjadi dalam bentuk yang rumit , menjadikan inspeksi kualitas yang dilakukan oleh manusia menjadi tugas yang rumit dengan banyak inefisiensi yang terkait dengan bias manusia, kelelahan, biaya, dan waktu. Inefisiensi ini memberikan peluang bagi solusi berbasis *open-CV* untuk menghadirkan inspeksi kualitas otomatis yang dapat diintegrasikan dalam proses inspeksi cacat permukaan yang ada, meningkatkan efisiensi sekaligus mengatasi hambatan yang muncul melalui metodologi inspeksi konvensional. *Open-CV* adalah salah satu domain utama yang memungkinkan memperoleh informasi yang bermakna dan tajam dari media digital , seperti gambar, video, dan masukan visual lainnya.

Deteksi dan pelacakan dengan benar suatu objek yang bergerak dalam *video streaming* masih menjadi masalah yang menantang di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh banyaknya jenis kendaraan dan tingginya volume kendaraan, sehingga sulit untuk mengidentifikasi objek yang akurat di jalan. Tetapi sejak diluncurkan pada tahun 2015, varian pendeteksi obyek *YOLO (You Only Look Once)* (Ting-Na Liu et al. 2023) telah berkembang pesat, dengan rilis terbarunya adalah *YOLO-v8* pada Januari 2023. Varian *YOLO* didukung oleh prinsip kinerja real-time dan klasifikasi obyek dengan ketelitian tinggi , berdasarkan parameter komputasi yang terbatas namun efisien, sehingga perkembangan *YOLO* dari v1 sampai v8 (Hussain 2023) (Zhang et al. 2022), memberikan intensitas ketelitian yang semakin meningkat.

Deteksi menggunakan *YOLO-v8* (Zuo et al. 2021)(D. Darmadi, Pratikso, and Rachmat 2023)(D. Darmadi, Pratikso, and Rahmat 2024) yang merupakan pengembangan dari *Artificial Intelligence*, memberikan peluang dalam penghitungan volume lalu lintas yang lebih akurat, cepat dan *realtime*. Perkembangan *YOLO* ini didukung dengan *open-CV* memberikan peluang menghitung volume kendaraan menggunakan hasil perekaman video, yang tentu saja akurasi tergantung dari kualitas videonya [15], [16], (D. H. N. Darmadi 2024), dan juga tergantung dari waktu malam atau waktu siang pengambilan videonya (Slimani, Zaarane, and Atouf 2023) dan juga metode deteksinya (Rofii et al. 2021; Perez, Tah, and Mosavi 2019; Iskandar Mulyana and Rofik 2022). Permasalahan yang muncul dalam penghitungan dengan video saat ini hanya terbatas menjadi 3(tiga) jenis kendaraan yaitu mobil, bus dan truk saja.

Tujuan penelitian ini adalah dengan memanfaatkan kemajuan *YOLO-v8* dan *open-CV* diramu menggunakan program bantu Python untuk membuat tambahan kebaruan

(*novelty*) berupa klasifikasi kendaraan menjadi 6 (enam) kelompok yaitu mobil, *mini-car*, bus kecil, bus besar, truk kecil dan truk besar, yang semula oleh YOLO hanya diberikan 3 (tiga) klasifikasi kendaraan. Tujuan penelitian ini bisa tercapai dengan adanya kemajuan teknologi *roboflow* (Ciaglia et al. 2022; Alexandrova, Tatlock, and Cakmak 2015), yang merupakan perangkat untuk membuat kelompok kendaraan sesuai dengan gambar kendaraan yang ditentukan terlebih dahulu.

LANDASAN TEORI

You Only Look Once (YOLO)

YOLO adalah algoritma deteksi objek *real-time* canggih yang dibuat oleh Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, dan Ali Farhadi (Redmon et al. 2016) pada tahun 2015 dan telah dilatih sebelumnya pada dataset COCO. YOLO bekerja meniru kerja otak manusia atau kecerdasan buatan (*Artificial Intelligent*) (Haq Nalband et al. 2021) yaitu dengan melakukan deteksi dengan metode jaringan saraf tiruan atau *Convolution Neural Network (CNN)* (Indolia et al. 2018). Oleh karena itu YOLO menggunakan data yang digunakan untuk pengenalan (*trained*) (glenn-jocher 2022) (Lin et al. 2014; Mardiana, Muhammad, and Mulyani 2021), proses selanjutnya dengan menggunakan data tambahan sebagai data untuk proses validasi , yang akan menghasilkan klasifikasi obyek yang saat ini telah mencapai deteksi 80 obyek. YOLOv5 adalah merupakan program yang banyak disenangi pada level *vision AI*, yang dikembangkan oleh Ultralytics sebagai *open-source*. Karena prosesnya sederhana maka di masa yang akan datang kemungkinan akan menjadi metode *vision AI* yang selalu digunakan dalam bidang pembelajaran kuliah, pengembangan industri otomotif dan lain-lain.

Telah banyak penelitian yang menggunakan YOLO baik dalam versi asli maupun dalam bentuk dimodifikasi menjadi disesuaikan dengan kondisi penelitiannya (Wen et al. 2023; DUMAN, ÇULCU, and KATAR 2022; Bochkovski, Wang, and Liao 2020; Abuelgasim Saadeldin*, n.d.; Mardiana, Muhammad, and Mulyani 2021).

Tabel 1. Review Penelitian yang menggunakan YOLO

Tahun	YOLO-V2	YOLO-V3	YOLO-V4	YOLO-V5	Total
2016	0	0	0	0	0
2017	5	0	0	0	5
2018	47	19	0	0	66
2019	48	210	0	0	258
2020	36	496	81	13	626

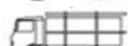
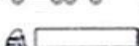
Sumber: *Review of Yolo Algoritme*, Jiang et al. 2021

Yolo-V8 (yang merupakan pengembangan akhir tahun ini) telah mengembangkan pendeteksian obyek dengan total kelompok obyek yang dideteksi adalah 80 (delapan puluh) klasifikasi obyek yang diperoleh dari pengenalan dan validasi menggunakan data *Microsoft Common Objects in Context (COCO) tahun 2015*(Lin et al. 2014).

Klasifikasi kendaraan Bina Marga

Pembagian kelas kendaraan sesuai dengan klasifikasi Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Bina Marga, Direktorat Jenderal Bina Marga 2023) adalah sebanyak 10 kendaraan bermotor, yaitu:

Tabel 2. Klasifikasi Kendaraan Bina Marga

Golongan	Kelompok jenis kendaraan	Jenis kendaraan
1	Sedan, jeep, station wagon	 
2	Angkutan penumpang sedang	 
3	Pick up, micro truk dan mobil hantaran	 
4	Bus kecil	
5	Bus besar	
6	Truk ringan 2 sumbu	 
7	Truk sedang 2 sumbu	 
8	Truk 3 sumbu	
9	Truk gandengan	
10	Truk semitrailer	 

Sumber : Manual Desain Perencanaan Perkerasan Jalan, 2023

Dari 10 klasifikasi diadakan penggabungan menjadi 6(enam) klasifikasi kendaraan yaitu mini-car (no.1), pasanger car (no.2,3), bus kecil (no.4), bus besar (no.5), truk kecil (no.6,7), dan truk besar (no.8,9,10).

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang gunakan adalah bersifat kuantitatif, yaitu melakukan pembahasan atas permasalahan yang dihadapi data-data primer yang diperoleh langsung dari survai lapangan. Peralatan utama dalam penelitian ini adalah kamera dengan resolusi minimal 720p (720 pixels x 1280 pixels) , lebih besar tingkat resolusi akan lebih

baik dalam menghasilkan gambar dan perbedaan antara latar belakang dan gambar aslinya serta akan memberikan perbedaan yang baik antara jenis kendaraan yang satu dengan yang lainnya. Peralatan lain yang perlu adalah tripod penyangga kamera perekam, kartu memori minimal 64 GB, peralatan *battery charger* , untuk suplai kebutuhan sumberdaya baterai telepon genggam, serta tidak kalah penting adalah perlatan *lap-top* atau komputer *desktop* dengan memori minimal 8 MB. Peralatan-peratan tersebut dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Peralatan penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada 2 lokasi, yang terdiri dari 2 lokasi di jalan tol Jakarta-Tangerang, jalan tol Jakarta - Bogor. Lokasi-lokasi tersebut disajikan dalam gambar 2.



2a. Jalan Tol Jakarta-Bogor (Cibubur) 2b. Jalan tol Jakarta-Tangerang (Kebon Jeruk)

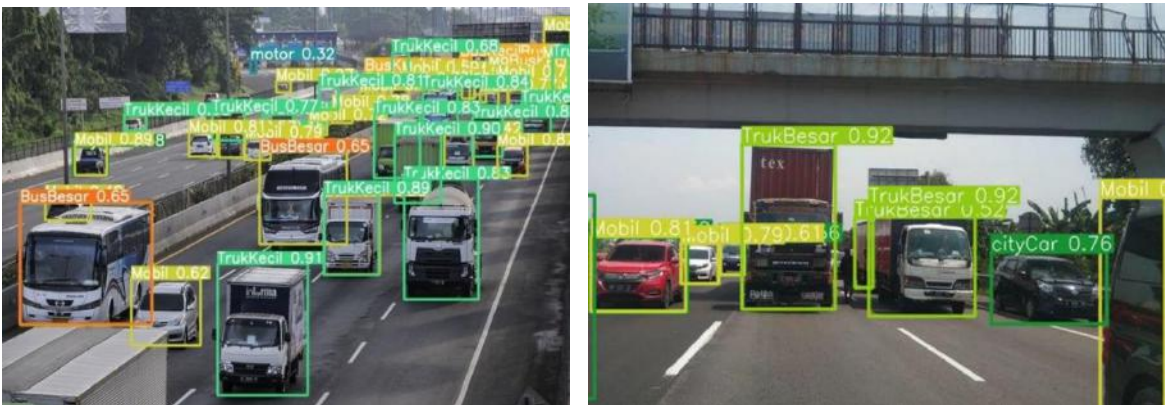
Gambar 2. Lokasi penelitian

Penelitian dimulai dengan mengumpulkan video rekaman lalu lintas di kedua lokasi (jalan tol Jakarta-Tangerang dan jalan tol Jakarta-Bogor) yang sudah ditentukan. Pengambilan dilakukan pada waktu pagi jam 11.00-13.00 Waktu Indonesia Barat (WIB). Langkah selanjutnya adalah membuat dataset dari 2000 kendaraan yang dikelompokkan menjadi 6 jenis kendaraan sesuai kondisi di Indonesia menggunakan bantuan program *roboflow*. *Dataset* ini akan digunakan untuk mendeteksi video hasil rekaman untuk menghitung jumlah kendaraan dengan klasifikasi yang telah ditetapkan menggunakan *dataset*. Penghitungan volume lalu lintas juga dilakukan secara manual untuk digunakan sebagai pembandingan tingkat ketelitian dibandingkan dengan menggunakan perangkat

lunak yang telah dibuat dengan metode *artificial intelligence*, yaitu *You Only Look Once* (YOLO-V8) dan bahasa pemrograman yang *open-source PYTHON*, dan *open-cv*.

HASIL PENELITIAN

Data video hasil rekaman dari lapangan diproses menggunakan program gabungan Python, **YOLO yang dimodifikasi** akan menghasilkan klasifikasi kendaraan sebanyak 6 (enam) jenis kendaraan yaitu mini-car, mobil penumpang, bus kecil, bus besar, truk kecil, dan truk besar, seperti terlihat pada gambar 4.



4a. Deteksi jalan tol Jakarta-Bogor 4b. Deteksi jalan tol Tangerang

Gambar 3. Hasil deteksi rekaman video lalulintas

Jika video dideteksi secara keseluruhan (2 jam) maka akan diperoleh jumlah kendaraan yang lewat di suatu segmen jalan tol Jakarta-Bogor. Hasil deteksi dari 2 (dua) lokasi video pengambilan data lalulintas disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan hasil perhitungan pada jalan tol

Jam	Perhitungan manual						Perhitungan software					
	city-Car	Mobil	Bus kecil	Bus besar	Truk kecil	Truk besar	city-Car	Mobil	Bus kecil	Bus besar	Truk kecil	Truk besar
11.00 - 11.15	113	956	58	113	169	63	110	951	54	110	165	60
11.15 - 11.30	75	875	91	48	196	88	73	870	87	46	191	87
11.30 - 11.45	119	948	90	70	274	118	116	943	87	68	270	115
11.45 - 12.00	42	962	127	115	251	117	41	957	123	112	247	110
12.00 - 12.15	85	965	177	109	215	113	83	960	173	107	211	111
12.15 - 12.30	82	976	227	92	218	132	79	971	223	91	214	131
12.30 - 12.45	84	1052	139	84	215	103	81	1047	135	83	211	99
12.45 - 13.00	72	1035	138	82	198	83	69	1030	133	77	193	81
Jumlah	672	7769	1047	713	1736	817	652	7729	1015	694	1702	794
perbandingan software/manual ==>>							97.02%	99.49%	96.94%	97.34%	98.04%	97.18%

Sumber: Data penelitian, 2024

Hasil deteksi menggunakan YOLO-V8 pada dataset model7vhc.pt menunjukkan performa yang mengesankan dalam klasifikasi berbagai jenis kendaraan di jalan tol.

Algoritma YOLO (You Only Look Once) dikenal karena kecepatan dan akurasi yang tinggi dalam pengolahan gambar secara real-time, menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi seperti pemantauan lalu lintas. Dengan akurasi yang bervariasi antara 93,21% hingga 99,49%, sistem ini mampu mengenali dan mengklasifikasikan berbagai jenis kendaraan dengan presisi yang dapat diandalkan.

Kendaraan penumpang, seperti city-car dan mobil penumpang, mendapatkan akurasi yang sangat tinggi, masing-masing mencapai 97,02% dan 99,49%. Ini menunjukkan bahwa model telah dilatih dengan baik untuk mengenali ciri-ciri khas kendaraan-kendaraan ini, yang sering muncul di jalan tol. Penggunaan data latih yang berkualitas dan representatif sangat berpengaruh terhadap hasil yang diperoleh. Selain itu, faktor lingkungan di jalan tol, seperti pencahayaan dan kecepatan kendaraan, juga dapat mempengaruhi performa deteksi, tetapi tampaknya YOLO-V8 dapat mengatasi tantangan tersebut dengan baik.

Hasil yang diperoleh untuk kategori kendaraan bus dan truk juga menunjukkan ketelitian yang memadai, dengan akurasi 96,94% untuk bus kecil, 97,34% untuk bus besar, dan 93,21% untuk truk kecil. Meskipun akurasi untuk truk kecil sedikit lebih rendah, nilai ini masih menunjukkan kinerja yang sangat baik. Keberhasilan ini membuka peluang untuk penerapan teknologi deteksi otomatis dalam pengelolaan lalu lintas, perencanaan transportasi, dan pengawasan keselamatan di jalan raya. Dengan hasil yang konsisten dan akurat, teknologi ini dapat berkontribusi besar dalam menciptakan sistem transportasi yang lebih efisien dan aman.

KESIMPULAN

Kemajuan Teknologi *Artificial Intelligence*, *Machine Learning* yang berupa YOLO sangat membantu dalam berbagai bidang untuk otomatisasi pekerjaan yang mempermudah dan mempercepat penyelesaian pekerjaan yang sifatnya berulang. Penelitian ini menunjukkan manfaat yang sangat baik penggunaan YOLO-V8 dalam mengklasifikasikan jenis kendaraan secara akurat yang melewati suatu segmen jalan raya.

Hasil yang diperoleh dengan menggunakan YOLO-V8 dan dataset *model7vhc.pt* menunjukkan ketelitian yang sangat baik untuk deteksi klasifikasi kendaraan yang mempunyai akurasi pengukuran untuk kendaraan di jalan tol adalah *city-car* 97,02%,

mobil penumpang 99.49% , kendaraan bus kecil 96.94%, kendaraan bus besar 97,34% , kendaraan truk kecil 93.21%, dan kendaraan truk besar 97.18%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abioye, Sofiat O., Lukumon O. Oyedele, Lukman Akanbi, Anuoluwapo Ajayi, Juan Manuel Davila Delgado, Muhammad Bilal, Olugbenga O. Akinade, and Ashraf Ahmed. 2021. "Artificial Intelligence in the Construction Industry: A Review of Present Status, Opportunities and Future Challenges." *Journal of Building Engineering* 44 (April 2020): 103299. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103299>.
- Abuelgasim Saadeldin*, Muhammad Mahbubur Rashid. n.d. "Video-Based Vehicle Counting and Analysis Using YOLOv5 and DeepSORT with Deployment on Jetson Nano."
- Alexandrova, Sonya, Zachary Tatlock, and Maya Cakmak. 2015. "RoboFlow: A Flow-Based Visual Programming Language for Mobile Manipulation Tasks." *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation* 2015-June (June): 5537–44. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2015.7139973>.
- Babina, Tania, Anastassia Fedyk, Alex He, and James Hodson. 2024. "Artificial Intelligence, Firm Growth, and Product Innovation." *Journal of Financial Economics* 151 (May 2022). <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2023.103745>.
- Bankins, Sarah, Anna Carmella Ocampo, Mauricio Marrone, Simon Lloyd D. Restubog, and Sang Eun Woo. 2024. "A Multilevel Review of Artificial Intelligence in Organizations: Implications for Organizational Behavior Research and Practice." *Journal of Organizational Behavior* 45 (2): 159–82. <https://doi.org/10.1002/job.2735>.
- Bina Marga, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum dan Perumahan rakyat. 2023. *Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga* 2023. Jakarta.
- Bochkovski, Alexey, Chien-Yao Wang, and Hong-Yuan Mark Liao. 2020. "YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection," April. <http://arxiv.org/abs/2004.10934>.
- Candra, Wahyu Adhie, Adhitya Sumardi Sunarya, and Wening Sukma Saraswati. 2023. "Computer Vision Implementation in Scratch Inspection and Color Detection on The Car Roof Surface." *MOTIVATION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering* 5 (2): 317–28. <https://doi.org/10.46574/motivaction.v5i2.230>.
- Ciaglia, Floriana, Francesco Saverio Zuppichini, Paul Guerrie, Mark McQuade, and Jacob Solawetz. 2022. "Roboflow 100: A Rich, Multi-Domain Object Detection Benchmark." <http://arxiv.org/abs/2211.13523>.
- Darmadi, Darmadi, Pratikso Pratikso, and Mudiyo Rachmat. 2023. "Survei Volume Lalulintas Dengan Internet Of Thing Yolo-V5." *Jurnal Teknologi* 11 (1): 25–35. <https://doi.org/10.31479/jtek.v11i1.276>.
- Darmadi, Darmadi, Pratikso Pratikso, and Mudiyo Rahmat. 2024. "Traffic Counting Using YOLO Version-8 (Case Study of Jakarta-Cikampek Toll Road)." *Astonjadro* 13 (1): 115–24. <https://doi.org/10.32832/astonjadro.v13i1.14489>.
- Darmadi, Doni Haidar Nur. 2024. "Traffic Counting Using YOLO Version-5 (A Case Study of Jakarta-Cikampek Toll Road)." *IOP Conference Series: Earth and*

- Environmental Science*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1321/1/012015>.
- Datta, Shuvo Dip, Mobasshira Islam, Md Habibur Rahman Sobuz, Shakil Ahmed, and Moumita Kar. 2024. "Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in the Project Lifecycle of the Construction Industry: A Comprehensive Review." *Heliyon* 10 (5): e26888. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26888>.
- DUMAN, Zeynep Nur, Müzeyyen Büşra ÇULCU, and Oğuzhan KATAR. 2022. "YOLOv5-Based Vehicle Objects Detection Using UAV Images." *Turkish Journal of Forecasting*, August. <https://doi.org/10.34110/forecasting.1145381>.
- Gerich, Hanna von, Hans Moen, Lorraine J. Block, Charlene H. Chu, Haley DeForest, Mollie Hobensack, Martin Michalowski, et al. 2022. "Artificial Intelligence -Based Technologies in Nursing: A Scoping Literature Review of the Evidence." *International Journal of Nursing Studies* 127: 104153. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2021.104153>.
- glenn-jocher. 2022. "Ultralytic-Yolov5." 2022. <https://github.com/ultralytics/yolov5>.
- Haq Nalband, Abdul, Shreya Basavaraj Channi, Shreya S Reddy, Shriya A S, Poornima A Totad, and Abdul N Haq. 2021. "AI Powered YOLO Based Traffic Management System through Application Advancement." <https://www.researchgate.net/publication/352645443>.
- Hussain, Muhammad. 2023. "YOLO-v1 to YOLO-v8, the Rise of YOLO and Its Complementary Nature toward Digital Manufacturing and Industrial Defect Detection." *Machines* 11 (7). <https://doi.org/10.3390/machines11070677>.
- Hussain, Muhammad, Mahmoud Dhimish, Violeta Holmes, and Peter Mather. 2019. "Deployment of AI-Based RBF Network for Photovoltaics Fault Detection Procedure." *AIMS Electronics and Electrical Engineering* 4 (1): 1–18. <https://doi.org/10.3934/ElectrEng.2020.1.1>.
- Indolia, Sakshi, Anil Kumar Goswami, S. P. Mishra, and Pooja Asopa. 2018. "Conceptual Understanding of Convolutional Neural Network- A Deep Learning Approach." *Procedia Computer Science* 132: 679–88. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.069>.
- Iskandar Mulyana, Dadang, and M Ainur Rofik. 2022. "Implementasi Deteksi Real Time Klasifikasi Jenis Kendaraan Di Indonesia Menggunakan Metode YOLOV5." *Jurnal Pendidikan Tambusai* 6 (3): 13971–82. <https://doi.org/10.31004/jptam.v6i3.4825>.
- Jiang, Peiyuan, Daji Ergu, Fangyao Liu, Ying Cai, and Bo Ma. 2021. "A Review of Yolo Algorithm Developments." *Procedia Computer Science* 199: 1066–73. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.135>.
- Lin, Tsung Yi, Michael Maire, Serge Belongie, James Hays, Pietro Perona, Deva Ramanan, Piotr Dollár, and C. Lawrence Zitnick. 2014. "Microsoft COCO: Common Objects in Context." *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 8693 LNCS (PART 5): 740–55. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10602-1_48.
- Mardiana, Meizano Ardhi Muhammad, and Yessi Mulyani. 2021. "Library Attendance System Using YOLOv5 Faces Recognition." *Proceedings - ICCTEIE 2021: 2021 International Conference on Converging Technology in Electrical and Information Engineering: Converging Technology for Sustainable Society*, 68–72. <https://doi.org/10.1109/ICCTEIE54047.2021.9650628>.

- Nti, Isaac Kofi, Adebayo Felix Adekoya, Benjamin Asubam Weyori, and Owusu Nyarko-Boateng. 2022a. "Applications of Artificial Intelligence in Engineering and Manufacturing: A Systematic Review." *Journal of Intelligent Manufacturing* 33 (6): 1581–1601. <https://doi.org/10.1007/s10845-021-01771-6>.
- . 2022b. "Applications of Artificial Intelligence in Engineering and Manufacturing: A Systematic Review." *Journal of Intelligent Manufacturing* 33 (6): 1581–1601. <https://doi.org/10.1007/s10845-021-01771-6>.
- Perez, Husein, Joseph H M Tah, and Amir Mosavi. 2019. "Deep Learning for Detecting Building Defects Using." *Sensors* 19 (16): 3556.
- Redmon, Joseph, Santosh Divvala, Ross Girshick, and Ali Farhadi. 2016. "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection." *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* 2016-Decem: 779–88. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>.
- Rofii, Faqih, Gigih Priyandoko, Muhammad Ifan Fanani, and Aji Suraji. 2021. "Vehicle Counting Accuracy Improvement By Identity Sequences Detection Based on Yolov4 Deep Neural Networks." *Teknik* 42 (2): 169–77. <https://doi.org/10.14710/teknik.v42i2.37019>.
- Slimani, Ibtissam, Abdelmoghith Zaarane, and Issam Atouf. 2023. "Traffic Monitoring System for Vehicle Detection in Day and Night Conditions." *Transport and Telecommunication* 24 (3): 256–65. <https://doi.org/10.2478/ttj-2023-0020>.
- Ting-Na Liu, Ting-Na Liu, Zhong-Jie Zhu Ting-Na Liu, Yong-Qiang Bai Zhong-Jie Zhu, Guang-Long Liao Yong-Qiang Bai, and Yin-Xue Chen Guang-Long Liao. 2023. "YOLO-Based Efficient Vehicle Object Detection." *電腦學刊* 33 (4): 069–079. <https://doi.org/10.53106/199115992022083304006>.
- Wang, Weinuo. 2024. "OpenCV-Based Lane Line Detection Method for Mountain Curves" 10 (3): 2–5.
- Wen, Ge, Shaobao Li, Fucui Liu, Xiaoyuan Luo, Meng Joo Er, Mufti Mahmud, and Tao Wu. 2023. "YOLOv5s-CA: A Modified YOLOv5s Network with Coordinate Attention for Underwater Target Detection." *Sensors (Basel, Switzerland)* 23 (7): 1–14. <https://doi.org/10.3390/s23073367>.
- Yong, Jia Ying, Vigna K. Ramachandaramurthy, Kang Miao Tan, and N. Mithulananthan. 2015. "A Review on the State-of-the-Art Technologies of Electric Vehicle, Its Impacts and Prospects." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49: 365–85. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.130>.
- Zhang, Yu, Zhongyin Guo, Jianqing Wu, Yuan Tian, Haotian Tang, and Xinming Guo. 2022. "Real-Time Vehicle Detection Based on Improved YOLO V5." *Sustainability (Switzerland)* 14 (19). <https://doi.org/10.3390/su141912274>.
- Zuo, Xiao, Jun Yu, Tong Xian, Yuzhe Hu, and Zhiyi Hu. 2021. "Road Obstacle Object Detection Based on Improved YOLO V4." *International Journal of Advanced Network, Monitoring and Controls* 6 (3): 18–25. <https://doi.org/10.21307/ijanmc-2021-023>.