

**IMPLEMENTASI *COMPUTER VISION* MENGGUNAKAN
DRONE UNTUK DETEKSI DAN PEMETAAN SAMPAH
SECARA *REAL - TIME***



SKRIPSI

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

Oleh
Farhan Naufal Nurdiansyah
2102555

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

LEMBAR HAK CIPTA

IMPLEMENTASI *COMPUTER VISION* MENGGUNAKAN *DRONE* UNTUK DETEKSI DAN PEMETAAN SAMPAH SECARA *REAL - TIME*

Oleh :
Farhan Naufal Nurdiansyah
NIM 2102555

Sebuah Skripsi yang Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk
Memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Komputer

© Farhan Naufal Nurdiansyah
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

FARHAN NAUFAL NURDIANSYAH

**IMPLEMENTASI *COMPUTER VISION* MENGGUNAKAN *DRONE* UNTUK DETEKSI
DAN PEMETAAN SAMPAH SECARA *REAL - TIME***

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Dr. Eng. Munawir, S.Kom., M.T.
NIP. 920200819851205101

Pembimbing II



Muhammad Taufik, S.Tr.Kom., M.T.I
NIP. 920200819940117101

Mengetahui

Ketua Program Studi S-1 Teknik Komputer



Dr. Eng. Munawir, S.Kom., M.T.
NIP. 920200819851205101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Farhan Naufal Nurdiansyah

NIM : 2102555

Program Studi : Teknik Komputer

Judul Karya : Implementasi *Computer Vision* Menggunakan *Drone* Untuk
Deteksi Dan Pemetaan Sampah Secara *Real-Time*

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya sendiri. Saya menjamin bahwa seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan, bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas.

Jika kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Pendidikan Indonesia.

Kabupaten Bandung, 12 Agustus 2025



Farhan Naufal Nurdiansyah

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi yang berjudul “Implementasi *Computer Vision* Menggunakan Drone untuk Deteksi dan Pemetaan Sampah Secara *Real-Time*”, yang diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Komputer, Kampus UPI di Cibiru, Universitas Pendidikan Indonesia. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, serta doa dari berbagai pihak yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan saran yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr.Eng.Munawir, S.Kom., M.T., selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Dosen Pembimbing Akademik, yang telah memberikan motivasi, arahan, dan bimbingan secara konsisten selama proses penyusunan skripsi ini. Selain itu, sebagai Ketua Program Studi Teknik Komputer, beliau juga telah memberikan berbagai kebijakan yang memudahkan mahasiswa dalam menyelesaikan tugas akhir serta mendorong perkembangan akademik dan kemampuan penelitian mahasiswa.
2. Bapak Muhammad Taufik Dwi Putra, S.Tr.Kom., M.T.I., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan saran, masukan, dan bimbingan teknis selama proses penyusunan skripsi ini. Bimbingan yang diberikan tidak hanya membantu dalam menyelesaikan permasalahan teknis, tetapi juga turut meningkatkan wawasan, pemahaman, serta kemampuan penulis dalam bidang yang diteliti.
3. Seluruh Dosen dan Staf Program Studi Teknik Komputer yang telah memberikan ilmu, informasi, dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan, serta memberikan dukungan administratif yang membantu kelancaran studi penulis hingga tahap penyusunan skripsi ini.
4. Kedua orang tua, yang senantiasa memberikan kasih sayang, dukungan moral dan materi, serta doa yang tiada henti. Segala pengorbanan dan

motivasi yang diberikan menjadi sumber kekuatan dan semangat bagi penulis dalam menyelesaikan studi dan penyusunan skripsi ini.

5. Dinda Juliana selaku pasangan yang telah memberikan dukungan moral, semangat, serta motivasi yang berarti selama masa perkuliahan hingga tahap akhir penyusunan skripsi ini. Kehadirannya turut membantu penulis dalam menghadapi berbagai tantangan akademik dengan lebih kuat dan optimis.
6. Seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Penulis mengucapkan terima kasih atas segala bentuk bantuan, dukungan, dan kontribusi yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.

Bandung, Agustus 2025

Penulis,



Farhan Naufal Nurdiansyah

NIM. 2102555

IMPLEMENTASI *COMPUTER VISION* MENGGUNAKAN *DRONE* UNTUK DETEKSI DAN PEMETAAN SAMPAH SECARA *REAL – TIME*

Farhan Naufal Nurdiansyah

2102555

ABSTRAK

Pencemaran lingkungan akibat sampah menjadi salah satu permasalahan serius yang berdampak pada kesehatan masyarakat dan kelestarian ekosistem. Laporan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia menunjukkan bahwa pada tahun 2024 lebih dari 40% sampah tidak terkelola dengan baik. Seiring berkembangnya teknologi, pemanfaatan *drone* dan *computer vision* berpotensi menjadi solusi inovatif dalam pengelolaan sampah pada daerah yang sulit dijangkau. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi dan pemetaan sampah secara *real-time* berbasis *drone* yang terintegrasi dengan teknologi *computer vision*. Penelitian ini mengimplementasikan algoritma deteksi objek YOLOv8n menggunakan *drone* DJI Mini 3, yang dikendalikan melalui Mobile SDK (MSDK) versi 5.1.3. Sistem ini terdiri dari integrasi antara aplikasi *mobile*, *drone*, dan antarmuka web untuk visualisasi hasil deteksi dalam bentuk peta interaktif yang dilengkapi dengan fitur *heatmap*. Pengujian dilakukan secara menyeluruh, meliputi pengujian aplikasi *mobile*, akurasi model YOLOv8n, dan visualisasi pada *website*. Evaluasi akurasi deteksi dilakukan berdasarkan dua parameter utama, yaitu intensitas pencahayaan dan variasi ketinggian *drone* saat pemindaian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memberikan performa deteksi terbaik pada ketinggian 5 hingga 6 meter di kondisi pencahayaan siang hari, dengan akurasi mencapai 80%. Namun, pada ketinggian di atas 7 meter, akurasi deteksi menurun secara signifikan, terutama dalam kondisi saat mendung atau malam hari. Oleh karena itu, untuk memastikan efektivitas deteksi sampah secara *real-time*, sistem direkomendasikan beroperasi pada ketinggian rendah dan dalam kondisi pencahayaan siang hari.

Kata Kunci: Deteksi Sampah, *Computer Vision*, Aplikasi Mobile, YOLOv8n, Drone DJI Mini 3.

IMPLEMENTATION OF COMPUTER VISION USING DRONE FOR REAL-TIME WASTE DETECTION AND MAPPING

Farhan Naufal Nurdiansyah

2102555

ABSTRACT

Environmental pollution caused by waste has become a serious issue that impacts both public health and ecosystem sustainability. A report from the Indonesian Ministry of Environment and Forestry indicates that in 2024, more than 40% of waste remains unmanaged. With the advancement of technology, the utilization of drones and computer vision offers the potential to serve as an innovative solution for waste management, particularly in areas that are difficult to access. This research aims to develop a real-time waste detection and mapping system using drones integrated with computer vision technology. The study implements the YOLOv8n object detection algorithm on a DJI Mini 3 drone, controlled through the Mobile SDK (MSDK) version 5.1.3. The system consists of an integration between a mobile application, the drone, and a web interface for visualizing detection results in the form of an interactive map equipped with a heatmap feature. Comprehensive testing was carried out, covering the mobile application, the accuracy of the YOLOv8n model, and visualization on the website. The accuracy evaluation was conducted based on two main parameters: lighting intensity and variations in drone altitude during scanning. The experimental results show that the system achieves the best detection performance at an altitude of 5 to 6 meters under daylight conditions, reaching an accuracy of up to 80%. However, at altitudes above 7 meters, detection accuracy decreases significantly, especially under cloudy or nighttime conditions. Therefore, to ensure effective real-time waste detection, the system is recommended to operate at lower altitudes and during daytime lighting conditions.

Keywords: *Waste Detection, Computer Vision, Mobile application, YOLOv8n, DJI Mini 3 Drone.*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.5.1. Manfaat Teoritis.....	4
1.5.2. Manfaat Praktis	4
1.6. Struktur Organisasi Skripsi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Tinjauan Pustaka	6
2.1.1. Pencemaran Sampah	6
2.1.2. Teknologi <i>Drone</i>	6
2.1.3. <i>Computer Vision</i>	8
2.1.4. CNN (<i>Convolutional Neural Network</i>).....	8

2.1.5. YOLO (<i>You Only Look Once</i>)	10
2.1.6. TFLite (<i>TensorFlow Lite</i>)	11
2.1.7. GPS (<i>Global Positioning System</i>)	12
2.1.8. Pengembangan Aplikasi <i>Mobile</i>	13
2.1.9. MSDK (<i>Mobile Software Development Kit</i>)	13
2.1.10. Basis Data	14
2.1.11. <i>Firebase</i>	15
2.2. Kerangka Pemikiran	16
2.3. Penelitian Terdahulu	17
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1. Analisis Kebutuhan	19
3.1.1. Instrumen Penelitian	20
3.2 Desain	23
3.2.1. Metode Pengembangan Aplikasi	26
3.2.2. Metode Perancangan Model	34
3.3. Development	39
3.4. Evaluasi	40
3.4.1 Metode Pengujian Sistem	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1. Hasil Pengembangan Sistem	45
4.1.1. Hasil Pengembangan Aplikasi <i>Mobile</i>	45
4.1.2. Hasil Pengembangan Aplikasi <i>Website</i>	48
4.1.3. Hasil Pengembangan Model	51
4.2. Hasil Pengujian	63
4.2.1. Hasil Pengujian Aplikasi <i>Mobile</i>	63
4.2.2. Hasil Pengujian Aplikasi <i>Website</i>	66
4.2.3. Hasil Pengujian Model	67

4.3. Analisis Hasil Pengujian	71
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	72
5.1. Kesimpulan.....	72
5.2. Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ringkasan Penelitian Terkait	17
Tabel 3. 1 Perangkat Keras Pendukung	21
Tabel 3. 2 Perangkat Lunak Pendukung	22
Tabel 3. 3 Parameter Pelatihan Model	37
Tabel 3. 4 Skema Pengujian <i>Black – Box</i> Aplikasi <i>Mobile</i>	41
Tabel 3. 5 Skema Pengujian <i>Black – Box</i> Aplikasi <i>Website</i>	42
Tabel 4. 1 Pembagian Data set.....	53
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Black-box Aplikasi <i>Mobile</i>	63
Tabel 4. 3 Hasil Uji Performa Aplikasi <i>Mobile</i>	65
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Black-box Aplikasi <i>Website</i>	66
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Akurasi Model Berdasarkan Pencahayaan dan Jarak Ketinggian.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Laporan Pengolahan Sampah Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan	1
Gambar 2. 1 Drone DJI Mini 3	7
Gambar 2. 2 Layer CNN (Purmono dkk., 2022).....	9
Gambar 2. 3 Perbandingan Model YOLOv8 dengan versi sebelumnya.....	10
Gambar 2. 4 Framework DJI MSDK.....	14
Gambar 3. 1 Metode <i>Design and Development Research</i>	19
Gambar 3. 2 Diagram Arsitektur Sistem.....	23
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> Sistem	25
Gambar 3. 4 Metode Agile.....	26
Gambar 3. 5 Activity Diagram Aplikasi <i>Mobile</i>	30
Gambar 3. 6 Metode Perancangan model AILC	34
Gambar 4. 1 Tampilan awal dan autentikasi DJI pada aplikasi	46
Gambar 4. 2 Proses Inisiasi <i>Firestore</i> dan model.....	46
Gambar 4. 3 Tampilan utama <i>live-stream</i> kamera <i>drone</i>	47
Gambar 4. 4 Tampilan ketika model berjalan.....	48
Gambar 4. 5 Tampilan Halaman Utama	49
Gambar 4. 6 Halaman Statistik	50
Gambar 4. 7 Tampilan pada halaman Roboflow	52
Gambar 4. 8 Konfigurasi parameter yang digunakan untuk pelatihan.....	54
Gambar 4. 9 Konfigurasi <i>convert</i> YOLOv8n ke format TFLite	55
Gambar 4. 10 Hasil Pelatihan Model	56
Gambar 4. 11 <i>Confusion Matrix</i> Pelatihan model.....	57
Gambar 4. 12 <i>Confusion Matrix</i> yang sudah <i>Normalize</i>	58
Gambar 4. 13 Kurva <i>F1-Confidence</i>	59
Gambar 4. 14 Kurva <i>Precision - Confidence</i>	60
Gambar 4. 15 Kurva <i>Recall - Confidence</i>	61
Gambar 4. 16 Kurva <i>Precision - Recall</i>	62
Gambar 4. 17 Pengujian Pagi Hari.....	68
Gambar 4. 18 Pengujian Siang Hari.....	68

Gambar 4. 19 Pengujian Malam Hari	69
---	----

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (1).....	38
Persamaan (2).....	38
Persamaan (3).....	38
Persamaan (4).....	38
Persamaan (5).....	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Jadwal Penelitian	77
Lampiran 2 Kode Program Aplikasi <i>Mobile</i>	77
Lampiran 3 Log Pengujian Performa Aplikasi <i>Mobile</i>	96
Lampiran 4 Pengujian <i>Black – box Website</i>	97
Lampiran 5 Kode Program <i>Website</i>	102
Lampiran 6 Dokumentasi saat pengujian	105
Lampiran 7 Hasil Uji Similaritas dengan Turnitin	110
Lampiran 8 Hasil Uji deteksi teks <i>Generative AI</i>	111

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, F. K., Pasaribu, A. F. O., & Wahyudi, A. D. (2023). Aplikasi Monitoring Absensi Karyawan Ditlantas Dengan Penerapan Teknologi GPS (Studi Kasus: Ditlantas Polda Lampung). *J. Inform. dan*, 4, 1-9.
- Aditya, R., Handrianus Pranatawijaya, V., & Bagus Adidyana Anugrah Putra, P. (2021). Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Kegiatan Menggunakan Metode Prototype. *JOINTECOMS (Journal of Information Technology and Computer Science)*, 1(1), 47–57.
- Andrianto, R., & Munandar, M. H. (2021). Aplikasi E-Commerce Penjualan Pakaian Berbasis Android Menggunakan Firebase Realtime Database. *Journal Computer Science and Information Technology (JCoInT)*, 2(2), 20-29.
- Chang, Y., Cheng, Y., Manzoor, U., & Murray, J. (2023). A review of UAV autonomous navigation in GPS-denied environments. *Robotics and Autonomous Systems*, 170, 104533.
- Chen, L., Li, G., Zhang, S., Mao, W., & Zhang, M. (2024). YOLO-SAG: An improved wildlife object detection algorithm based on YOLOv8n. *Ecological Informatics*, 83, 102791.
- Dai, J. (2020, November). Real-time and accurate object detection on edge device with TensorFlow Lite. In *Journal of physics: conference series* (Vol. 1651, No. 1, p. 012114). IOP Publishing.
- Fathurrahman, H. I. K., Ma'arif, A., & Chin, L. Y. (2021). The development of real-time mobile garbage detection using deep learning. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, 7(3), 472-478.
- Hasibuan, M. I. Z., & Triase, T. (2022). Implementasi Sistem Database Nosql Secara Realtime Menggunakan Firebase Realtime Database Pada Aplikasi Ourticle. *SIBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, dan Pendidikan*, 2(1), 1-24.
- Howard, A. G., Sandler, M., Chen, B., Wang, W., Chen, L. C., Tan, M., ... & Le, Q. V. (2019). Searching for MobileNetV3. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*.
- Irawan, A., & Rijal, S. (2025). Inovasi Teknologi dalam Penelitian Ekologi: Penggunaan Drones untuk Memetakan Habitat Satwa Liar. *Jurnal Pengembangan Sains dan Teknologi*, 1(1), 42-49.
- Jaya, S., Zaharudin, R., Hashim, N. A., Zaid, S. M., Ithnin, M. A., Mapjabil, J., & Nordin, M. N. (2021). Employing Design and Development Research (DDR) Approach in Designing Next Generation Learning Spaces (NGLS) In Teachers' Pedagogy and Technology Tools. *Review of International Geographical Education Online*, 11(7).

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (n.d.). *Laporan pengelolaan sampah plastik di Indonesia*. Diakses pada 21 Januari 2025, dari <https://www.menlhk.go.id>
- Khan, W., Kumar, T., Zhang, C., Raj, K., Roy, A. M., & Luo, B. (2023). SQL and NoSQL database software architecture performance analysis and assessments—a systematic literature review. *Big Data and Cognitive Computing*, 7(2), 97.
- Kumaat, J., & Batee, G. E. (2023). *Drone for a Cleaner Coast: Monitoring and Analysis of Marine Debris at Sindulang Beach*. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 11(2), 623-633.
- Kusuma, T. D., Saputra, A. D., Arianto, B. A., & Puspitasari, N. (2024, December). Deteksi dan Pemantauan Sampah Plastik di Perairan Menggunakan Drone Berbasis AI. In *Prosiding Seminar Nasional Amikom Surakarta*, 2(172-178).
- Larasati, I., Yusril, A. N., & Al Zukri, P. (2021). Systematic literature review analisis metode agile dalam pengembangan aplikasi mobile. *Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi*, 10(2), 369-380.
- Liao, Y. H., & Juang, J. G. (2022). Real-time UAV trash monitoring system. *Applied Sciences*, 12(4), 1838.
- Mager, A., & Blass, V. (2022). From illegal waste dumps to beneficial resources using drone technology and advanced data analysis tools: A feasibility study. *Remote Sensing*, 14(16), 3923.
- Maulana, I. F. (2020). Penerapan *Firestore* Realtime Database pada Aplikasi E-Tilang Smartphone berbasis Mobile Android. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 4(5), 854-863.
- Meijer, L. J. J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances*, 7(18), eaaz5803. DOI: 10.1126/sciadv.aaz5803, <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaz5803>
- Munteanu, D., Moina, D., Zamfir, C. G., Petrea, Ș. M., Cristea, D. S., & Munteanu, N. (2022). Sea mine detection framework using YOLO, SSD and EfficientDet deep learning models. *Sensors*, 22(23), 9536.
- Papadopoulos, E., & Gonzalez, L. F. (2021, March). UAV and AI application for runway foreign object debris (FOD) detection. In *Proceedings of the 2021 IEEE Aerospace Conference*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc..
- Payara, G. R., & Tanone, R. (2018). Penerapan *Firestore* Realtime Database Pada Prototype Aplikasi Pemesanan Makanan Berbasis Android. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 4(3), 397-406.

- Putra, M. T. D., Adiwilaga, A., Munggaran, J. P., Adhitama, M. A., As' Ad, R. A., Alhafidz, A. A., ... & Juhana, A. (2024, July). Mini prototype of the futuristic bin with an automatic waste sortation system for managing the garbage problems in society. In *2024 10th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)* (pp. 1-6). IEEE.
- Stefano, A. (2020). Pemanfaatan Drone dalam Pemetaan Kontur Tanah. *Buletin Loupe*, 16(02), 32-41.
- Syafrudin, S., Ramadan, B. S., Budihardjo, M. A., Munawir, M., Khair, H., Rosmalina, R. T., & Ardiansyah, S. Y. (2023). Analysis of factors influencing illegal waste dumping generation using GIS spatial regression methods. *Sustainability*, 15(3), 1926.
- Ultralytics. (2023, 12 November). YOLOv8 *models documentation*. Diakses pada 25 April 2025, dari <https://docs.ultralytics.com/models/yolov8/>
- Utami, A. P., Pane, N. N. A., & Hasibuan, A. (2023). Analisis dampak limbah/sampah rumah tangga terhadap pencemaran lingkungan hidup. *Cross-border*, 6(2), 1107-1112.
- Wang, W., Sun, M., Lou, Z., & Li, H. (2020). Deep learning for *real-time Drone-based object detection*. *Sensors*, 20(18), 5322. <https://doi.org/10.3390/s20185322>
- Yao, Z., Douglas, W., O'Keeffe, S., & Villing, R. (2021). Faster YOLO-LITE: faster object detection on robot and edge devices. In *Robot World Cup* (pp. 226-237). Cham: Springer International Publishing.
- Yue, M., Zhang, L., Huang, J., & Zhang, H. (2024). Lightweight and efficient tiny-object detection based on improved YOLOv8n for UAV aerial images. *Drones*, 8(7), 276.
- Zailan, N. A., Azizan, M. M., Hasikin, K., Mohd Khairuddin, A. S., & Khairuddin, U. (2022). An automated solid waste detection using the optimized YOLO model for riverine management. *Frontiers in public health*, 10, 907280.
- Zeng, T., Li, S., Song, Q., Zhong, F., & Wei, X. (2023). Lightweight tomato real-time detection method based on improved YOLO and mobile deployment. *Computers and electronics in agriculture*, 205, 107625.
- Zhang, C., Zhang, L., & Li, D. (2020). Object detection in aerial images using multi-scale feature fusion and context enhancement. *Remote Sensing*, 12(10), 1615. <https://doi.org/10.3390/rs12101615>
- Zhao, H., Tang, W., Chen, S., Li, A., Li, Y., & Cheng, W. (2024). Design and Implementation of a Novel UAV-Assisted LoRaWAN Network. *Drones*, 8(10), 520.
- Zhao, X., Wang, L., Zhang, Y., Han, X., Deveci, M., & Parmar, M. (2024). A review of convolutional neural networks in computer vision. *Artificial Intelligence Review*, 57(4), 99.