

**Analisis Algoritma *Object Detection* dan *Multiple-Object Tracking*
Pada Sistem Pelacak Orang Untuk Menghitung Jumlah Pengunjung**

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



**Disusun oleh:
GABRIEL FERNANDO
3332210047**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2025**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi:

Judul : Analisis Algoritma *Object Detection* dan *Multiple-Object Tracking*
Pada Sistem Pelacak Orang Untuk Menghitung Jumlah
Pengunjung

Nama : Gabriel Fernando

NIM : 3332210047

Fakultas : Teknik

Jurusan : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 5 Juni 2025



GABRIEL FERNANDO

3332210047

LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa Skripsi berikut:

Judul : Analisis Algoritma *Object Detection* dan *Multiple-Object Tracking* Pada Sistem Pelacak Orang Untuk Menghitung Jumlah Pengunjung
Nama : Gabriel Fernando
NIM : 3332210047
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 4 Juni 2025 melalui Sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan dinyatakan LULUS.

Dewan Penguji

Pembimbing I : Fadil Muhammad, S.T., M.T.

Pembimbing II : Masjudin, S.T., M.Eng.

Penguji I : Dr. Irma Saraswati, S.Si., M.T.

Penguji II : H. Alief Maulana, S.T., M.T.

Tanda Tangan



Mengetahui,

Ketua Jurusan



Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.

NIP. 198103282010121001

PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Fadil Muhammad, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pertama saya yang selalu bersedia menyediakan pendapat dan waktu untuk mengajari dan membantu proses penyusunan skripsi ini.
3. Masjudin, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing kedua saya yang juga selalu bersedia meluangkan waktu dan tenaga selama proses penyusunan skripsi ini, serta memberikan banyak sekali arahan yang dapat saya kembangkan untuk dilakukan pada penelitian skripsi saya ini.
4. Orang tua saya yang terkasih karena telah memberikan bantuan dukungan, baik material atau pun moral, kepada saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Sahabat-sahabat saya yang setia kepada saya dan selalu menemani saya selama proses penyusunan skripsi ini.

Adapun penulis menyadari bahwa Penulis adalah manusia biasa yang jauh dari kata sempurna, sehingga terdapat kesalahan atau pun kekeliruan pada penelitian ini. Oleh karena keterbatasan ilmu dan adanya kesalahan pada penulisan skripsi ini, Penulis menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya dan sangat berkenan untuk menerima perbaikan dan kritikan yang dapat membangun untuk mengembangkan penelitian skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Cilegon, 23 Juni 2025



Gabriel Fernando

3332210047

ABSTRAK

Gabriel Fernando

Teknik Elektro

Analisis Algoritma *Object Detection* dan *Multiple-Object Tracking* Pada Sistem
Pelacak Orang Untuk Menghitung Jumlah Pengunjung

Seiring berkembangnya teknologi, seperti *Artificial Intelligence* dan *Machine Learning*, banyak permasalahan yang dapat diselesaikan secara praktis. *Computer Vision* yang merupakan cabang dari AI berguna pada kasus dengan data visi seperti gambar dan video. Model YOLO (*You Only Look Once*) adalah model deteksi objek pada CV, dan dapat digabungkan dengan algoritma *Multiple-Object Tracking* untuk dapat melacak objek yang terdeteksi. Pada penelitian ini, dibentuk suatu sistem pelacak dan penghitung pengunjung dengan menggunakan YOLO11n dan BoT-SORT *Re-ID*. Kombinasi keduanya diuji pada 5 video rekaman dan mendapatkan rata-rata *error ID Switch*, *Precision*, *Recall*, dan Skor F1 secara berturut-turut sebesar 21.80%, 100%, 67.34%, dan 76.71%.

Kata Kunci:

Computer Vision, YOLO, Deteksi Objek, BoT-SORT, Tracker.

ABSTRACT

Gabriel Fernando

Electrical Engineering

Analyze of Object Detection and Multiple-Object Tracking Algorithms of People
Tracker System to Counting People

Due to the development of technology, especially in Artificial Intelligence and Machine Learning, many problems can be solved easily. Computer Vision as a branch of AI is useful for cases that use data from images and videos. The YOLO (You Only Looks Once) is an object detection model CV and can be combined with Multiple-Object Tracking algorithms for tracking. In this research, a tracking and counting system was built by combining YOLO11n and BoT-SORT Re-ID. This combination was tested on 5 footages and achieved the mean of error ID Switch, Precision, Recall, and F1-Score respectively 21.80%, 100%, 67.34%, and 76.71%.

Keywords:

Artificial Intelligence, Machine Learning, Computer Vision, YOLO, Object Detection, BoT-SORT, MOT, Tracker

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Artificial Intelligence</i>	6
2.2. <i>Machine Learning</i>	8
2.2.1. Deep Learning.....	10
2.2.2. Artificial Neural Network	11
2.2.3. Convolutional Neural Network	12
2.3. <i>Computer Vision</i>	13
2.3.1. Image Classification.....	14
2.3.2. Object Detection.....	15
2.4. <i>Algoritma You Only Look Once</i>	16
2.5. Kajian Pustaka.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1. Alur Penelitian	22
3.2. Komponen Penelitian	26
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	27

4.1.	Pengumpulan Dataset.....	27
4.2.	Pemrosesan Dataset.....	27
4.2.1.	Preprocessing Dataset	28
4.2.2.	Augmentasi Dataset	28
4.3.	Seleksi Model <i>Object Detection</i> YOLO.....	31
4.3.1.	Evaluasi pada COCO Dataset	32
4.3.2.	Evaluasi pada Mall Dataset.....	32
4.3.3.	Training Model.....	34
4.3.4.	Test FPS Score	35
4.4.	Seleksi Algoritma MoT (<i>Multiple-Object Tracking</i>).....	38
4.5.	<i>Hyperparameter</i> Tuning.....	40
4.6.	Pengujian Kasus Nyata	43
4.6.1.	Melakukan Konfigurasi Tracker	44
4.6.2.	Hasil Perhitungan Sistem	45
BAB V PENUTUP.....		52
5.1.	Kesimpulan	52
5.2.	Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....		54
LAMPIRAN.....		60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tugas-tugas Kecerdasan Buatan	6
Gambar 2. 2 Tingkatan Kecerdasan Buatan	7
Gambar 2. 3 Diagram Perbandingan Pemrograman Tradisional vs <i>Machine Learning</i>	9
Gambar 2. 4 Diagram <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)	11
Gambar 2. 5 Diagram <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	13
Gambar 2. 6 Contoh Klasifikasi Gambar	14
Gambar 2. 7 Contoh Deteksi Objek	15
Gambar 2. 8 Arsitektur Algoritma YOLOv11	16
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian	22
Gambar 3. 2 Diagram Alir Sistem Deteksi dan Penghitung Jumlah Pengunjung	25
Gambar 4. 1 Gambar Hasil Augmentasi <i>Flip</i>	29
Gambar 4. 2 Gambar Hasil Augmentasi Rotasi 90 Derajat	29
Gambar 4. 3 Gambar Hasil Augmentasi Saturasi	30
Gambar 4. 4 Gambar Hasil Augmentasi <i>Brightness</i>	31
Gambar 4. 5 Gambar Hasil <i>Training</i> YOLO11n	37
Gambar 4. 6 Gambar <i>Confusion Matrix</i> Model YOLO	41
Gambar 4. 7 Kurva F1-Confidence	43
Gambar 4. 8 Contoh Hasil Sistem Penghitung Jumlah Pengunjung	46
Gambar 4. 9 <i>Confusion Matrix</i> pada <i>Footage</i> 1	48
Gambar 4. 10 <i>Confusion Matrix</i> pada <i>Footage</i> 2	48
Gambar 4. 11 <i>Confusion Matrix</i> pada <i>Footage</i> 3	49
Gambar 4. 12 <i>Confusion Matrix</i> pada <i>Footage</i> 4	49
Gambar 4. 13 <i>Confusion Matrix</i> pada <i>Footage</i> 5	50

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tabel Hasil Evaluasi Model pada COCO Dataset.....	32
Tabel 4. 2 Tabel Hasil Evaluasi Model pada Mall Dataset	33
Tabel 4. 3 Tabel Hasil <i>Training</i> YOLOv11	35
Tabel 4. 4 Tabel Spesifikasi PC.....	36
Tabel 4. 5 Tabel Hasil Skor Rata-rata FPS.....	36
Tabel 4. 6 Tabel Hasil Evaluasi Resmi dari <i>Tracker</i>	39
Tabel 4. 7 Tabel Hasil Evaluasi Dengan TrackEval	39
Tabel 4. 8 Tabel Hasil Evaluasi Dengan TrackEval	41
Tabel 4. 9 Tabel Konfigurasi Algoritma <i>Tracker</i>	44
Tabel 4. 10 Tabel Hasil <i>Tracking</i> Pada Rekaman.....	46
Tabel 4. 11 Tabel Ringkasan Hasil Pengamatan Pada Rekaman.....	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring berkembangnya teknologi, semakin banyak permasalahan yang dapat dengan mudah diselesaikan dan menghasilkan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dilakukan oleh manusia. Salah satu bidang yang terbantu karena teknologi adalah sistem deteksi kerumunan (*Crowd Detection System*), yang dapat membantu menghitung jumlah orang dalam suatu *frame* dengan bantuan teknologi, terutama *Artificial Intelligence* (AI) dan *Computer Vision* (CV). *Computer Vision* merupakan suatu sistem yang memungkinkan komputer untuk melihat, mempelajari, serta menghasilkan suatu keputusan berdasarkan algoritma yang dipasang [1], [2], [3], [4]. Algoritma YOLO (*You Only Look Once*) merupakan suatu algoritma yang dibentuk secara khusus untuk penugasan bidang *Computer Vision*, khususnya tugas deteksi objek [5]. Model YOLO juga dapat diterapkan pada sistem pemantauan dengan kamera sehingga dapat mendeteksi objek yang dikehendaki [6]. *Deep SORT* merupakan suatu algoritma pelacakan objek (*object tracking*), *Deep SORT* merupakan pengembangan lebih lanjut dari metode pendahulunya, *SORT*, yang mengatasi beberapa kelemahan metode sebelumnya dengan cara menempatkan metrik asosiasi dengan metrik yang lebih terinformasi yang menggabungkan informasi pergerakan dan penampilan objek yang terdeteksi [7]. Selain *DeepSORT*, terdapat juga sistem *Multiple-Object Tracker* lainnya, seperti *BoT-SORT* dan *ByteTrack*. Baik *BoT-SORT* atau pun *ByteTrack* memakai algoritma *Kalman Filtering* untuk melacak posisi dari objek yang terdeteksi pada *frame* saat tertentu, yang dimana objek terdeteksi didapatkan dari model YOLO akan menjadi *input* bagi *MoT* untuk data asosiasi [8].

Beberapa tempat, khususnya tempat makan seperti *cafe*, restoran, tempat wisata, masih menghitung jumlah pengunjung secara manual atau bahkan tidak menghitungnya. Menghitung jumlah pengunjung secara manual sangat tidak efektif, karena berbagai permasalahan yang dapat ditimbulkan, seperti kesalahan manusia saat menghitung dan tidak mendapatkan hasil yang sesuai [9]. Dengan perkembangan *Computer Vision*, pemantauan dan pelacakan semakin mudah untuk

diterapkan pada banyak hal, khususnya penghitung jumlah pengunjung suatu tempat apa pun itu. *Computer Vision* dapat digunakan untuk mendeteksi berbagai objek (*Multiple Object Tracking*) untuk mengidentifikasi setiap objek pada setiap *frame* di sepanjang waktu [10], [11], [12].

Telah dilakukan beberapa penelitian yang bertujuan untuk membuat sistem terbaik untuk mendeteksi dalam melacak manusia berbasis kamera dan *Computer Vision*. Pada referensi [13], digunakan algoritma YOLOv3 dan *Simple Online and Real-time Tracking* (SORT) untuk mendeteksi dan melacak manusia secara real-time. Metode YOLOv3 yang digunakan berhasil mendapatkan nilai mAP sebesar 89.69% dan FPS sebesar 58.31. Pada referensi [14], digunakan metode Kalman Filter sebagai pelacak dan LOI (*Line of Interest*) sebagai penghitung pengunjung toko retail kecil. Metode ini berhasil mendapatkan *error* sebesar 45 yang jauh lebih kecil daripada metode lainnya yang dirujuk pada referensi ini.

Pada referensi [15], digunakan jaringan *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Max-average pooling* pada model untuk membuat sistem penghitung jumlah orang. Pada dataset UCF_CC_50, metode ini mendapatkan MAE sebesar 306.7 dan MSE sebesar 396.3. Pada referensi [16], dilakukan pengujian sistem pelacakan manusia berdasarkan sistem *multi* kamera. Penelitian ini juga mengemukakan metode baru, yakni menggabungkan kedua metode sebelumnya, yakni sistem hibrid antara *centralized* dan *distributed*, yang mendapatkan keunggulan yang lebih jikalau dibandingkan dengan kedua metode masing-masing.

Pada referensi [17], dilakukan penelitian untuk membentuk sistem pengidentifikasian dan pelacakan kelompok, pasangan, ataupun individu-individu pada domain restoran. Penelitian ini menggunakan algoritma YOLOv3 dan DeepSORT untuk membuat sistem pengidentifikasian kelompok ataupun pasangan pada kamera. Hasil pengujian pada penggabungan kedua dataset tersebut meraih nilai *precision*, *recall*, mAP@0.5, dan F1-score secara berturut-turut adalah sebesar 0.739, 0.809, 0.795, dan 0.773. Pada referensi [18], dilakukan sistem pelacakan untuk ruang terbuka, dengan menggunakan algoritma YOLOv7 sebagai *object detector*, BoT-SORT sebagai *object tracking*, dan Person Re-ID sebagai *re-identification*. Dengan menggabungkan keseluruhannya, metode ini meraih kecepatan di antara 3.8 FPS hingga 7 FPS.

Pada referensi [19], dilakukan pembuatan sistem MCPT (*Multi Camera People Tracking*) dengan 4 metode, yakni proses deteksi objek, *re-identification*, *spatio-temporal filtering*, dan pembentukan kelompok. Digunakan algoritma YOLOX sebagai *object detector*, Bytetrack sebagai pelacak objek, dan MGN sistem *re-identification*. Secara metrik IDF1, IDP, IDR, sistem yang dibentuk pada metode ini mendapatkan skor secara berturut-turut sebesar 78.91, 78.79, dan 79.03. Pada referensi [20], dibentuk sistem yang dapat menghitung dan mengestimasi kepadatan kerumunan dengan menggunakan metode *Extended CAN*, *floor-field*, dan *penalty-term*. Metode ini mendapatkan nilai RMSE pada dataset CrowdFlow sebesar 158.3, pada dataset FDST sebesar 7.29, pada dataset Venice sebesar 18, pada dataset CityStreet sebesar 23.05, dan pada dataset UCSD sebesar 1.02. Dengan menggabungkan keunggulan dari algoritma deteksi objek (*Object Detection*) seperti model YOLO dan pelacak (*Multiple-Object Tracker*) seperti BoT-SORT ataupun ByteTrack, akan mempermudah perhitungan jumlah pengunjung di suatu tempat keramaian secara otomatis, baik di luar ruangan (*outdoor*) ataupun di dalam ruangan (*indoor*). Hal ini akan mengurangi masalah dan kekeliruan yang terjadi saat menghitung pengunjung secara manual.

1.2. Rumusan Masalah

Berikut adalah beberapa rumusan masalah yang diharapkan dapat diselesaikan pada penelitian ini.

1. Bagaimana membentuk sistem deteksi kerumunan untuk menghitung jumlah pengunjung dengan menggunakan algoritma *Object Detection* dan *Multiple-Object Tracker*?
2. Bagaimana kinerja dan akurasi beberapa seri model YOLO sebagai *detector* objek manusia dalam sistem deteksi dan pelacak pengunjung?
3. Bagaimana kinerja beberapa algoritma *Multiple Object Tracker* sebagai *tracker* dalam sistem deteksi dan pelacak pengunjung?
4. Bagaimana kinerja dari kombinasi algoritma YOLO dan *Multiple Object Tracker* untuk mendeteksi, melacak, dan menghitung jumlah pengunjung.

1.3. Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah beberapa tujuan penelitian pada penelitian ini.

1. Membentuk sistem deteksi kerumunan untuk menghitung jumlah pengunjung dengan menggunakan algoritma *Object Detection* dan *Multiple-Object Tracker*.
2. Membandingkan hasil kinerja dan akurasi beberapa seri model YOLO sebagai *detector* dalam sistem deteksi dan pelacak pengunjung.
3. Membandingkan hasil kinerja dari beberapa algoritma *Multiple Object Tracker* sebagai *tracker* dalam sistem deteksi dan pelacak pengunjung.
4. Menganalisis hasil kinerja dari kombinasi algoritma YOLO dan *Multiple Object Tracker* yang ditentukan berdasarkan akurasi terbaik dari tugas masing-masing algoritma.

1.4. Manfaat Penelitian

Berikut ini adalah beberapa manfaat yang didapatkan dari penelitian ini.

1. Dapat membuat sistem pemantauan otonom yang mampu mendeteksi keberadaan manusia dan menghitung jumlah pengunjung pada suatu pusat perbelanjaan atau tempat lainnya.
2. Memberikan kemudahan dan akurasi yang lebih baik dalam pemantauan pengunjung.
3. Membantu dalam analisis pengunjung secara lebih luas namun lebih mudah karena menggunakan bantuan *Artificial Intelligence* dan *Computer Vision*.
4. Penelitian ini memiliki manfaat dalam pengembangan sistem *Computer Vision*, terutama dalam konteks sistem pemantauan.

1.5. Batasan Masalah

Berikut ini adalah beberapa batasan masalah dari penelitian yang dilakukan.

1. Model YOLO yang diuji pada penelitian berikut ini hanya dari versi 8 hingga 11.
2. Algoritma *Multiple Object Tracker* yang dianalisis hanya BoT-SORT dan ByteTrack.

3. Simulasi dilaksanakan menggunakan laptop dari hasil rekaman video menggunakan kamera *smartphone*.
4. Program tidak dijalankan secara real-time dengan integrasi *Mini Computer* dan *Cloud Service*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Indra, H. Herman, dan F. S. Budi, “Implementasi Sistem Penghitung Kendaraan Otomatis Berbasis Computer Vision,” *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, vol. 12, no. 1, hlm. 53–62, Mei 2023, doi: 10.34010/komputika.v12i1.9082.
- [2] Z. Munawar *dkk.*, *VISI KOMPUTER: Konsep, Metode, dan Aplikasi*. Bandung: Kaizen Media Publishing, 2023.
- [3] S. Xu, J. Wang, W. Shou, T. Ngo, A.-M. Sadick, dan X. Wang, “Computer Vision Techniques in Construction: A Critical Review,” *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 28, no. 5, hlm. 3383–3397, 2021, doi: 10.1007/s11831-020-09504-3.
- [4] J. Shanahan, *Introduction to Computer Vision and Realtime Deep Learning-based Object Detection*. 2020. doi: 10.1145/3340531.3412177.
- [5] P. Jiang, D. Ergu, F. Liu, Y. Cai, dan B. Ma, “A Review of Yolo Algorithm Developments,” dalam *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2021, hlm. 1066–1073. doi: 10.1016/j.procs.2022.01.135.
- [6] W. Wu dan J. Lai, “Multi Camera Localization Handover Based on YOLO Object Detection Algorithm in Complex Environments,” *IEEE Access*, vol. 12, hlm. 15236–15250, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3357519.
- [7] N. Wojke, A. Bewley, dan D. Paulus, “Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric,” Mar 2017, [Daring]. Tersedia pada: <http://arxiv.org/abs/1703.07402>
- [8] R. Pereira, G. Carvalho, L. Garrote, dan U. J. Nunes, “Sort and Deep-SORT Based Multi-Object Tracking for Mobile Robotics: Evaluation with New Data Association Metrics,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 3, Feb 2022, doi: 10.3390/app12031319.
- [9] K. Sinha, R. Rashmi, dan S. Anand, “International Journal of Allied Practice, Research and Review VISITOR COUNTER,” *UGC JOURNAL NUMBER 44557 IJAPRR International Peer Reviewed Refereed Journal*, hlm. 35–40, 2018, [Daring]. Tersedia pada: www.ijaprr.com

- [10] A. Milan, L. Leal-Taixe, I. Reid, S. Roth, dan K. Schindler, "MOT16: A Benchmark for Multi-Object Tracking," Mar 2016, [Daring]. Tersedia pada: <http://arxiv.org/abs/1603.00831>
- [11] Y. Yuan dan Y. Liu, "BEVEFNet: A Multiple Object Tracking Model Based on LiDAR-Camera Fusion," dalam *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2024, hlm. 560–567. doi: 10.1016/j.procs.2024.08.106.
- [12] S. P. K. Reddy, J. Harikiran, dan B. S. Chandana, "Deep CNN Based Multi Object Detection and Tracking in Video Frames with Mean Distributed Feature Set," dalam *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2024, hlm. 723–734. doi: 10.1016/j.procs.2024.04.069.
- [13] A. Srazhdinova, A. ' Ahmetova, dan S. Anvarov, "Detection and tracking people in real-time with YOLO object detector," doi: 10.31643/2020.010.
- [14] S. I. Cho dan S. J. Kang, "Real-Time People Counting System for Customer Movement Analysis," *IEEE Access*, vol. 6, hlm. 55264–55272, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2872684.
- [15] Z. Liu, Y. Chen, B. Chen, L. Zhu, D. Wu, dan G. Shen, "Crowd Counting Method Based on Convolutional Neural Network with Global Density Feature," *IEEE Access*, vol. 7, hlm. 88789–88798, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2926881.
- [16] R. Iguernaissi, D. Merad, K. Aziz, dan P. Drap, "People tracking in multi-camera systems: a review," *Multimed Tools Appl*, vol. 78, no. 8, hlm. 10773–10793, Apr 2019, doi: 10.1007/s11042-018-6638-5.
- [17] T. Sandeepanie dan S. Fernando, "Identification and Tracking of Groups of People using Object Detection and Object Tracking," *International Journal on Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer)*, vol. 16, no. 1, hlm. 12–21, Jun 2023, doi: 10.4038/icter.v16i1.7259.
- [18] H. Matos dan H. Santos, "People Tracking in a Smart Campus context using Multiple Cameras," 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.linkedin.com/in/henriquematos99/>
- [19] S. Sakaguchi, M. Amagasaki, M. Kiyama, dan T. Okamoto, "Multi-Camera People Tracking with Spatio-Temporal and Group Considerations," *IEEE*

- Access*, vol. 12, hlm. 36066–36073, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3371860.
- [20] T. Habara dan R. Kojima, “Floor-Field-Guided Neural Model for Crowd Counting,” *IEEE Access*, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3483252.
- [21] A. Zein, “Kecerdasan Buatan Dalam Hal Otomatisasi Layanan,” *Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 2, hlm. 16–25, Des 2021.
- [22] U. Muzakir, Baharuddin, A. Manuhutu, dan H. Widoyo, “PENERAPAN KECERDASAN BUATAN DALAM SISTEM INFORMASI TINJAUAN LITERATUR TENTANG APLIKASI, ETIKA, DAN DAMPAK SOSIAL,” *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, vol. 6, no. 4, hlm. 1163–1169, Okt 2023.
- [23] R. D. Yogaswara, “ARTIFICIAL INTELLIGENCE SEBAGAI PENGGERAK INDUSTRI 4.0 DAN TANTANGANNYA BAGI SEKTOR PEMERINTAH DAN SWASTA. ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS AN ACTIVATOR FOR INDUSTRY 4.0 AND ITS CHALLENGES FOR GOVERNMENT AND PRIVATE SECTORS,” *Jurnal Masyarakat Telematika dan Informasi*, vol. 10, no. 1, hlm. 67–72, Agu 2019, [Daring]. Tersedia pada: <http://www.mplsvpn.info/2017/11/what-is-neuron-and->
- [24] N. Putu Wulantari *dkk.*, “The Role Of Gamification In English Language Teaching: A Literature Review,” *Journal on Education*, vol. 6, no. 1, hlm. 2847–2856, 2023.
- [25] F. Hasyim, K. Malik, F. Rizal, U. Nurul Jadid, R. Artikel, dan K. Kunci Batik, “Implementasi Algoritma Convolutional Neural Networks (CNN) Untuk Klasifikasi Batik,” *COREAI: Jurnal Kecerdasan Buatan, Komputasi dan Teknologi Informasi*, hlm. 40–47, Nov 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.unuja.ac.id/index.php/core>
- [26] A. Octaviani dan P. Dewi, “Kecerdasan Buatan sebagai Konsep Baru pada Perpustakaan,” *ANUVA*, vol. 4, no. 4, hlm. 453–460, 2020.
- [27] S. Maihani *dkk.*, “PERAN KECERDASAN BUATAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) DALAM INOVASI PEMASARAN,” *Jurnal Warta Dharmawangsa*, vol. 17, no. 4, hlm. 1651–1661, Okt 2023.

- [28] E. Susanto, “Analisis Implementasi Kecerdasan Buatan Dalam Pembelajaran,” *Sindoro Cendikia Pendidikan*, vol. 1, no. 8, hlm. 101–112, 2023.
- [29] D. Manongga, U. Rahardja, I. Sembiring, N. Lutfiani, dan A. B. Yadila, “Dampak Kecerdasan Buatan Bagi Pendidikan,” *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, vol. 3, no. 2, hlm. 110–124, Nov 2022, doi: 10.34306/abdi.v3i2.792.
- [30] T. Merentek, E. Usuh, dan J. Lengkong, “Implementasi Kecerdasan Buatan ChatGPT dalam Pembelajaran,” *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 7, no. 3, hlm. 26862–26869, 2023.
- [31] F. V. Jedrzejewski, L. Thode, J. Fischbach, T. Gorschek, D. Mendez, dan N. Lavesson, “Adversarial Machine Learning in Industry: A Systematic Literature Review,” *Comput Secur*, vol. 145, Okt 2024, doi: 10.1016/j.cose.2024.103988.
- [32] Q. Wang, Z. Chen, Y. Zhou, Z. Liu, dan Z. Peng, “Real-time monitoring and optimization of machine learning intelligent control system in power data modeling technology,” *Machine Learning with Applications*, vol. 18, hlm. 100584, Des 2024, doi: 10.1016/j.mlwa.2024.100584.
- [33] E. Erwin *dkk.*, *TRANSFORMASI DIGITAL*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.researchgate.net/publication/379374858>
- [34] H. S. Le *dkk.*, “Predictive model for customer satisfaction analytics in E-commerce sector using machine learning and deep learning,” *International Journal of Information Management Data Insights*, vol. 4, no. 2, Nov 2024, doi: 10.1016/j.jjime.2024.100295.
- [35] Andrew NG, *Machine Learning Yearning*. DeepLearning.AI, 2018.
- [36] M. S. Lubis, “IMPLEMENTASI ARTIFICIAL INTELLIGENCE PADA SYSTEM MANUFAKTUR TERPADU,” *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, hlm. 1, 2021.
- [37] T. M. N. U. Akhund dan W. M. Al-Nuwaier, “Improving Prediction Efficiency of Machine Learning Models for Cardiovascular Disease in IoST-Based Systems through Hyperparameter Optimization,” *Computers*,

- Materials and Continua*, vol. 80, no. 3, hlm. 3485–3506, 2024, doi: 10.32604/cmc.2024.054222.
- [38] S. Abolmakarem, F. Abdi, K. Khalili-Damghani, dan H. Didehkhani, “A multi-stage machine learning approach for stock price prediction: Engineered and derivative indices,” *Intelligent Systems with Applications*, vol. 24, hlm. 200449, Des 2024, doi: 10.1016/j.iswa.2024.200449.
- [39] K. Sadeghi, A. Banerjee, dan S. K. S. Gupta, “A System-Driven Taxonomy of Attacks and Defenses in Adversarial Machine Learning,” *IEEE Trans Emerg Top Comput Intell*, vol. 4, no. 4, hlm. 450–467, 2020, doi: 10.1109/TETCI.2020.2968933.
- [40] A. E. Cinà dkk., “Wild Patterns Reloaded: A Survey of Machine Learning Security against Training Data Poisoning,” *ACM Comput Surv*, vol. 55, no. 13s, hlm. 1–39, Jul 2023, doi: 10.1145/3585385.
- [41] S. Jawed, I. Faye, dan A. S. Malik, “Deep Learning-Based Assessment Model for Real-Time Identification of Visual Learners Using Raw EEG,” *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 32, hlm. 378–390, 2024, doi: 10.1109/TNSRE.2024.3351694.
- [42] J. Guo, W. Cao, B. Nie, dan Q. Qin, “Unsupervised Learning Composite Network to Reduce Training Cost of Deep Learning Model for Colorectal Cancer Diagnosis,” *IEEE J Transl Eng Health Med*, vol. 11, hlm. 54–59, 2023, doi: 10.1109/JTEHM.2022.3224021.
- [43] A. Craik, Y. He, dan J. L. Contreras-Vidal, “Deep learning for electroencephalogram (EEG) classification tasks: A review,” 2019, *Institute of Physics Publishing*. doi: 10.1088/1741-2552/ab0ab5.
- [44] A. Geron, *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems*, 2nd ed. O’Reilly Media, Inc., 2019.
- [45] K. Bera, K. A. Schalper, D. L. Rimm, V. Velcheti, dan A. Madabhushi, “Artificial intelligence in digital pathology — new tools for diagnosis and precision oncology,” *Nat Rev Clin Oncol*, vol. 16, no. 11, hlm. 703–715, 2019, doi: 10.1038/s41571-019-0252-y.

- [46] S. Kuntz *dkk.*, “Gastrointestinal cancer classification and prognostication from histology using deep learning: Systematic review,” *Eur J Cancer*, vol. 155, hlm. 200–215, Sep 2021, doi: 10.1016/j.ejca.2021.07.012.
- [47] Q. Zhu dan X. Zu, “Fully Convolutional Neural Network Structure and Its Loss Function for Image Classification,” *IEEE Access*, vol. 10, hlm. 35541–35549, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3163849.
- [48] R. Szeliski, “Computer Vision: Algorithms and Applications,” 2010. [Daring]. Tersedia pada: <http://szeliski.org/Book/>.
- [49] A. Magdy, H. Hussein, R. F. Abdel-Kader, dan K. A. El Salam, “Performance Enhancement of Skin Cancer Classification Using Computer Vision,” *IEEE Access*, vol. 11, hlm. 72120–72133, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3294974.
- [50] A. Ulhaq, J. Born, A. Khan, D. P. S. Gomes, S. Chakraborty, dan M. Paul, “COVID-19 control by computer vision approaches: A survey,” 2020, *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.* doi: 10.1109/ACCESS.2020.3027685.
- [51] M. Raisul Islam *dkk.*, “Deep Learning and Computer Vision Techniques for Enhanced Quality Control in Manufacturing Processes,” *IEEE Access*, vol. 12, hlm. 121449–121479, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3453664.
- [52] D. Reis, J. Kupec, J. Hong, dan A. Daoudi, “Real-Time Flying Object Detection with YOLOv8,” Mei 2023, [Daring]. Tersedia pada: <http://arxiv.org/abs/2305.09972>
- [53] A. Vina, “Ultralytics’ 2024 highlights: Driving innovation in Vision AI.”
- [54] R. Khanam dan M. Hussain, “YOLOv11: An Overview of the Key Architectural Enhancements,” Okt 2024, [Daring]. Tersedia pada: <http://arxiv.org/abs/2410.17725>