

**IMPLEMENTASI MODEL *OBJECT DETECTION* YOLOv8 UNTUK  
SISTEM PERHITUNGAN *BALL POSSESSION* PADA VIDEO SEPAK  
BOLA**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Komputer pada Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak



Oleh  
Vernando Bayu Putra Pratama  
2006503

**PROGRAM STUDI REKAYASA PERANGKAT LUNAK  
KAMPUS UPI DI CIBIRU  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2024**

**IMPLEMENTASI MODEL *OBJECT DETECTION* YOLOv8 UNTUK  
SISTEM PERHITUNGAN *BALL POSSESSION* PADA VIDEO SEPAK  
BOLA**

Oleh  
Vernando Bayu Putra Pratama  
2006503

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Komputer pada Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak

©Vernando Bayu Putra Pratama  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Agustus 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

**HALAMAN PENGESAHAN**

Vernando Bayu Putra Pratama

NIM 2006503

**IMPLEMENTASI MODEL OBJECT DETECTION YOLOv8 UNTUK  
SISTEM PERHITUNGAN BALL POSSESSION PADA VIDEO SEPAK  
BOLA**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

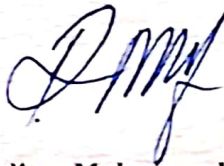
Pembimbing I



**Indira Syawanodya, M.Kom**

NIP 920190219920423201

Pembimbing II



**Raditya Muhammad, M.T.**

NIP 920190219920507101

Mengetahui,

Ketua Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak



**Mochamad Iqbal Ardimansyah, S.T., M.Kom.**

NIP 920190219910328101

**PERNYATAAN  
KEASLIAN SKRIPSI DAN BEBAS PLAGIARISME**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "IMPLEMENTASI MODEL OBJECT DETECTION YOLOv8 UNTUK SISTEM PERHITUNGAN BALL POSSESSION PADA SEPAK BOLA" 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, 12 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan ini



Vernando Bayu Putra Pratama

NIM 2006503

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha esa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “IMPLEMENTASI MODEL OBJECT DETECTION YOLOv8 UNTUK SISTEM PERHITUNGAN *BALL POSSESSION* PADA VIDEO SEPAK BOLA” ini dengan baik. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Solehuddin, M.Pd., MA., selaku Rektor Universitas Pendidikan Indonesia.
2. Bapak Prof. Dr. Deni Darmawan, M.Si, selaku selaku Direktur UPI Kampus di Cibiru.
3. Bapak M. Iqbal Ardimansyah, S.T., M.Kom. selaku kepala program studi Rekayasa Perangkat Lunak,
4. Ibu Indira Syawanodya, M.Kom selaku dosen pembimbing pertama dan dosen wali, telah memberikan arahan, bimbingan, dan dukungan yang tak ternilai selama penulisan skripsi ini.
5. Bapak Raditya Muhammad, M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan arahan penting, bimbingan, dan dukungan penuh selama proses penyusunan skripsi ini hingga selesai tepat waktu.
6. Para dosen serta pegawai di lingkungan Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat selama masa perkuliahan.
7. Orang Tua dan Keluarga Tercinta, yang selalu memberikan dukungan moral dan doa yang tiada henti dalam setiap langkah penulis hingga saat ini.
8. Teman-teman seperjuangan, khususnya kepada para sahabat dan keluarga RPL, yang telah memberikan dukungan, semangat, serta berbagi suka dan duka bersama selama perkuliahan.
9. Seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa, dan semoga kita semua selalu berada dalam ridho dan lindungan-Nya.

Bandung, 12 Agustus 2024



Vernando Bayu Putra Pratama

NIM 2006503

## ABSTRAK

Seiring meningkatnya popularitas sepak bola, analisis data menjadi semakin penting untuk meningkatkan performa tim. Salah satu metrik kunci dalam analisis sepak bola adalah penguasaan bola (*ball possession*). Namun, metode untuk menghitung *ball possession* masih mengandalkan pengamatan manual, yang rentan terhadap kesalahan dan membutuhkan waktu yang lama. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem otomatis yang dapat menghitung penguasaan bola secara akurat dan efisien, menggantikan metode manual yang rentan terhadap kesalahan. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan model deteksi objek YOLOv8 untuk mendeteksi posisi pemain dan bola dalam video pertandingan sepak bola, serta bytetrack untuk melakukan pelacakan ketiap-tiap objek yang ada pada video. Algoritma K-Means digunakan untuk mengklasifikasikan pemain menjadi dua tim, sementara interpolasi linear digunakan untuk melacak pergerakan bola secara kontinu. Jarak Euclidean kemudian diterapkan untuk menentukan pemain mana yang paling dekat dengan bola pada setiap frame, sehingga dapat ditentukan tim yang sedang menguasai bola. Kombinasi antara YOLOv8 dan algoritma pelacakan ByteTrack memberikan hasil yang sangat memuaskan, dengan precision sebesar 96,47%, recall 84,64%, mAP 87,50%, dan nilai MOTA (*Multiple Object Tracking Accuracy*) sebesar 81,42%. Output dari model ini akan berupa video yang menampilkan persentase *ball possession* kedua tim serta berapa lama tiap individu menguasai bola dengan begitu hasil dari model ini dapat menjadi data yang berharga bagi pelatih dan analis sepak bola untuk memahami dan mengembangkan strategi tim berdasarkan penguasaan bola yang lebih terukur dan obyektif.

**Kata kunci:** *Object Detection, Yolo, Object Tracking, Bytetrack, Ball Possession*

## ABSTRACT

As the popularity of soccer increases, data analysis becomes increasingly important for improving team performance. One key metric in soccer analysis is ball possession. However, methods for calculating ball possession still rely on manual observation, which is prone to errors and time-consuming. This research aims to develop an automated system that can accurately and efficiently calculate ball possession, replacing the error-prone manual methods. The developed system utilizes the YOLOv8 object detection model to detect player and ball positions in soccer match videos, and ByteTrack for tracking each object in the video. The K-Means algorithm is used to classify players into two teams, while linear interpolation is employed to continuously track the ball's movement. Euclidean distance is then applied to determine which player is closest to the ball in each frame, allowing for the identification of the team currently in possession of the ball. The combination of YOLOv8 and ByteTrack tracking algorithms yields highly satisfactory results, with a precision of 96.47%, recall of 84.64%, mAP of 87.50%, and a Multiple Object Tracking Accuracy (MOTA) value of 81.42%. The model's output includes a video showing the percentage of ball possession for both teams and the duration each individual player controls the ball. This model provides valuable data for coaches and soccer analysts to understand and develop team strategies based on more measurable and objective ball possession metrics.

**Keywords: Object Detection, YOLO, Object Tracking, ByteTrack, Ball Possession**



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu ( <i>State of The Art</i> ).....	6
2.2 Sepak Bola.....	8
2.3 Machine Learning (ML).....	8
2.4 <i>Object Detection</i> .....	9
2.5 YOLOv8.....	11
2.6 <i>Object Tracking</i> .....	13
2.7 Multiple Object Tracking.....	13
2.8 <i>Bytetrack</i> .....	14
2.9 <i>Data Preprocessing</i> .....	15
2.10 Augmentasi Data.....	15
2.11 K-Means Clustering.....	16
2.12 Interpolasi.....	17
2.13 Evaluasi Model.....	18

2.13.1	<i>Precision</i> .....	18
2.13.2	<i>Recall</i> .....	18
2.13.3	<i>Mean Average Precision (MAP)</i> .....	19
2.13.4	<i>MOTA</i> .....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		20
3.1	Desain Penelitian .....	20
3.1.1	Klarifikasi Penelitian.....	21
3.1.2	Studi Deskriptif 1 .....	21
3.1.3	Studi Preskriptif .....	21
3.2	Studi Deskriptif 2 .....	26
3.3	Instrumen Penelitian .....	26
3.4	Alat dan Bahan Penelitian .....	27
3.5	Analisis Data .....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		29
4.1	Pengumpulan Data .....	29
4.2	<i>Preprocessing &amp; Pelatihan Model</i> .....	29
4.2.1	<i>Data Preprocessing</i> .....	30
4.2.2	<i>Data Augmentasi</i> .....	31
4.3	Evaluasi Model I .....	31
4.4	<i>Hyperparameter Tuning</i> .....	34
4.5	Implementasi <i>Object Tracking</i> .....	38
4.5.1	Interpolasi Posisi Bola .....	39
4.5.2	Penentuan Tim Pemain .....	41
4.5.3	Penentuan <i>Ball Possession</i> .....	42
4.6	Evaluasi Model II .....	43
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI .....		46
5.1	Simpulan.....	46
5.2	Implikasi .....	48
5.3	Rekomendasi .....	48
DAFTAR PUSTAKA .....		50
LAMPIRAN.....		58

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rangkuman Peneliti Terdahulu.....	7
Tabel 3.1 Konfigurasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak Penelitian .....	27
Tabel 3.2 Daftar Library .....	28
Tabel 4.1 Hasil Pelatihan Model 100 Epoch.....	32
Tabel 4.2 Hasil Evaluasi Model Dengan Hypaeparametr Tuning .....	34
Tabel 4.3 Hasil Evaluasi Akhir Model.....	38
Tabel 4.4 Hasil Evaluasi Model Implementasi Object Tracking .....	43
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan ball possession per individu .....	45

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur YOLO .....	12
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	20
Gambar 3.2 Prosedur Pengembangan Model Deteksi Pemain Sepak bola.....	22
Gambar 4.1 Contoh Gambar Pada Dataset .....	29
Gambar 4.2 Gambar Sebelum Preprocessing.....	30
Gambar 4.3 Gambar Setelah Preprocessing.....	30
Gambar 4.4 Gambar Sebelum Augmentasi.....	31
Gambar 4.5 Gambar Setelah Augmentasi.....	31
Gambar 4.6 Grafik Precision Model Epoch 100.....	32
Gambar 4.7 Grafik Recall Model Epoch 100.....	33
Gambar 4.8 Grafik Precision Setelah Hyperparameter Tuning .....	35
Gambar 4.9 Grafik Recall Setelah Hyperparameter Tuning.....	36
Gambar 4.10 Grafik Precision-Recall Setelah Hyperparameter Tuning.....	37
Gambar 4.11 Output Model .....	38
Gambar 4.12 Contoh Implementasi ByTrack .....	39
Gambar 4.13 Gambar Sebelum Interpolasi .....	40
Gambar 4.14 Gambar Sebelum Interpolasi.....	40
Gambar 4.15 Proses Klasifikasi Tim I .....	41
Gambar 4.16 Proses Klasifikasi Tim II.....	42
Gambar 4.17 Proses Pelabelan Bola dan Pemain.....	43
Gambar 4.18 Hasil Akhir Output Model .....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pelatihan Model .....	58
Lampiran 2. Output video setelah diimplementasikan ke model .....	586

## DAFTAR PUSTAKA

- Abijono, H., Santoso, P., & Anggreini, N. L. (2021). ALGORITMA SUPERVISED LEARNING DAN UNSUPERVISED LEARNING DALAM PENGOLAHAN DATA. *Jurnal Teknologi Terapan: G-Tech*, 4(2), 315–318. <https://doi.org/10.33379/gtech.v4i2.635>
- Agustina, R. S. (2020). *Buku jago sepak bola*. Ilmu Cemerlang Group.
- Alsaadi, E. M. T. A., & El Abbadi, N. K. (2019). Auto Animal Detection and Classification among (Fish, Reptiles and Amphibians Categories) Using Deep Learning. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 11(10-SPECIAL ISSUE), 726–736. <https://doi.org/10.5373/JARDCS/V11SP10/20192863>
- Andaru, G. I., & Fudholi, D. H. (2024). Pengembangan Sistem Deteksi On-Shelf Availability Produk Menggunakan Algoritma YOLOV8 pada Aplikasi Beregerak. *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi*, 5(2), 1980–1988. <https://doi.org/10.35870/jimik.v5i2.767>
- Aningtiyas, P. R. . (2020). Pembuatan Aplikasi Deteksi Objek Menggunakan TensorFlow Object Detection API dengan Memanfaatkan SSD MobileNet V2 Sebagai Model Pra - Terlatih. *Jurnal Ilmiah Komputasi*, 19(3). <https://doi.org/10.32409/jikstik.19.3.68>
- Athilakshmi, R., Chandan Sainagkrishna, P. S., Chaitanya Chowdary Kota, S. S., Kiran Teja, M. C., Venkatesh, T., & Prasad, V. J. (2023). Enhancing Real-Time Human Tracking using YOLONAS-DeepSort Fusion Models. *2023 7th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 1118–1125. <https://doi.org/10.1109/ICECA58529.2023.10394864>
- Basar, S., Ali, M., Ochoa-Ruiz, G., Zareei, M., Waheed, A., & Adnan, A. (2020). Unsupervised color image segmentation: A case of RGB histogram based K-means clustering initialization. *PLOS ONE*, 15(10), e0240015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240015>

- Bernard J. Jansen, Kholoud K. Aldous, Joni Salminen, Hind Almerkhi, & Soon-gyo Jung. (2024). *Understanding Audiences, Customers, and Users via Analytics*.
- Borghesi, M., Costa, L. D., Morra, L., & Lamberti, F. (2023). Using Temporal Convolutional Networks to estimate ball possession in soccer games. *Expert Systems with Applications*, 223, 119780. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119780>
- Cenitta, D., Arjunan, R. V., & K V, P. (2021). Missing Data Imputation using Machine Learning Algorithm for Supervised Learning. *2021 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICCCI50826.2021.9402558>
- Dilanka Sasindu Perera, Tharindu Ekanayake, Maheshi B. Dissanayake, & Dinusha Nuwan Ranaweera. (2020). *Ball Localization and Player Tracking using Real Time Object Detection*.
- Dufan Manajang. (2020). *Implementasi Framework Tensorflow Object Detection API Dalam Mengklasifikasi Jenis Kendaraan Bermotor*.
- Feroli, D., Rampinini, E., Martin, M., Rucco, D., La Torre, A., Petway, A., & Scanlan, A. (2020). Influence of ball possession and playing position on the physical demands encountered during professional basketball games. *Biology of Sport*, 37(3), 269–276. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2020.95638>
- Fernández-Villarino, R. (2021a). Sustainability in the football industry: An approach to the gap between theoretical formulation and practical application, through the results of the social fair play project. *Heliyon*, 7(6), e07318. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07318>
- Fernández-Villarino, R. (2021b). Sustainability in the football industry: An approach to the gap between theoretical formulation and practical application, through the results of the social fair play project. *Heliyon*, 7(6), e07318. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07318>
- Habib, M., Alzubi, Y., Malkawi, A., & Awwad, M. (2020). Impact of interpolation techniques on the accuracy of large-scale digital elevation model. *Open Geosciences*, 12(1), 190–202. <https://doi.org/10.1515/geo-2020-0012>

- hang Wang, S., Qin, Y., Jia, Y., & Igor, K. E. (2022). A systematic review about the performance indicators related to ball possession. *PLOS ONE*, *17*(3), e0265540. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265540>
- Hizlisoy, S., Arslan, R. S., & Çolakoğlu, E. (2024). Singer identification model using data augmentation and enhanced feature conversion with hybrid feature vector and machine learning. *EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing*, *2024*(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s13636-024-00336-8>
- Iglesias, G., Talavera, E., González-Prieto, Á., Mozo, A., & Gómez-Canaval, S. (2023). Data Augmentation techniques in time series domain: a survey and taxonomy. *Neural Computing and Applications*, *35*(14), 10123–10145. <https://doi.org/10.1007/s00521-023-08459-3>
- Ikotun, A. M., Ezugwu, A. E., Abualigah, L., Abuhaija, B., & Heming, J. (2023). K-means clustering algorithms: A comprehensive review, variants analysis, and advances in the era of big data. *Information Sciences*, *622*, 178–210. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.11.139>
- Izufi, E., Gama, F., Shuman, D. I., & Segarra, S. (2024). Graph Filters for Signal Processing and Machine Learning on Graphs. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 1–32. <https://doi.org/10.1109/TSP.2024.3349788>
- Ivanisevic, A., Yulianto, H., Soewito, N., Alim, A., Nuradilla, R., & Yulianto, W. D. (2023). Development of Authentic Assessment Instruments of Football Passing, Dribbling, and Shooting Skills in Physical Education, Sports and Health Learning in Senior High School. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH AND ANALYSIS*, *06*(09). <https://doi.org/10.47191/ijmra/v6-i9-35>
- Kazem, S., & Hatam, A. (2021). Scattered data interpolation: Strictly positive definite radial basis/cardinal functions. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, *394*, 113580. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113580>
- Khairunnas, K., Yuniarno, E. M., & Zaini, A. (2021). Pembuatan Modul Deteksi Objek Manusia Menggunakan Metode YOLO untuk Mobile Robot. *Jurnal Teknik ITS*, *10*(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i1.61622>



- Khan, S. A., Lee, H. J., & Lim, H. (2023). Enhancing Object Detection in Self-Driving Cars Using a Hybrid Approach. *Electronics*, 12(13), 2768. <https://doi.org/10.3390/electronics12132768>
- Kim, H. E., Cosa-Linan, A., Santhanam, N., Jannesari, M., Maros, M. E., & Ganslandt, T. (2022). Transfer learning for medical image classification: a literature review. *BMC Medical Imaging*, 22(1), 69. <https://doi.org/10.1186/s12880-022-00793-7>
- Linggi, R. (2023). *IMPLEMENTASI BIG DATA UNTUK PENINGKATAN ANALISIS KINERJA TIM OLAHRAGA*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29666.91845>
- Lou, H., Duan, X., Guo, J., Liu, H., Gu, J., Bi, L., & Chen, H. (2023). DC-YOLOv8: Small-Size Object Detection Algorithm Based on Camera Sensor. *Electronics*, 12(10), 2323. <https://doi.org/10.3390/electronics12102323>
- Maharana, K., Mondal, S., & Nemade, B. (2022). A review: Data pre-processing and data augmentation techniques. *Global Transitions Proceedings*, 3(1), 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.gltp.2022.04.020>
- Mahesh, B. (2020). Machine Learning Algorithms - A Review. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 9(1), 381–386. <https://doi.org/10.21275/ART20203995>
- Mishra, P., Biancolillo, A., Roger, J. M., Marini, F., & Rutledge, D. N. (2020). New data preprocessing trends based on ensemble of multiple preprocessing techniques. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 132, 116045. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.116045>
- Ng, J. J., Goh, K. O. M., & Tee, C. (2023). Traffic Impact Assessment System using Yolov5 and ByteTrack. *Journal of Informatics and Web Engineering*, 2(2), 168–188. <https://doi.org/10.33093/jiwe.2023.2.2.13>
- Nidhomuddin, A., & Suryandari, N. (2021). Pemersatu Lamongan: Analisis Identitas Kultural Supporter Sepakbola Persela. *Jurnal Ilmiah Ilmu Sosial*, 7(2), 145. <https://doi.org/10.23887/jiis.v7i2.39267>
- Panja, E., Hendry, H., & Dewi, C. (2024). YOLOv8 Analysis for Vehicle Classification Under Various Image Conditions. *Scientific Journal of Informatics*, 11(1), 127–138. <https://doi.org/10.15294/sji.v11i1.49038>

- Pawar, B. (2023). FOOTBALL DETECTION WITH YOLOV3. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 5(10), 2523–2527.
- Pawłowski, J., Kołodziej, M., & Majkowski, A. (2024). Implementing YOLO Convolutional Neural Network for Seed Size Detection. *Applied Sciences*, 14(14), 6294. <https://doi.org/10.3390/app14146294>
- Perera, D. S., Ekanayake, T., Dissanayake, M. B., & Ranaweera, D. N. (2020). *Ball Localization and Player Tracking using Real Time Object Detection*.
- Perkasa, M. A. P., Akbar, R. R. El, Husaini, M. Al, & Rizal, R. (2024). *VISUAL ENTITY OBJECT DETECTION SYSTEM IN SOCCER MATCHES BASED ON VARIOUS YOLO ARCHITECTURE*.
- Pires, M., & Santos, V. (2018). Assessing the Impact of Internet of Everything Technologies in Football. *Journal of Sports Science*, 6(1). <https://doi.org/10.17265/2332-7839/2018.01.005>
- Romadlon, F. R. (2022). ANALISIS PENGUASAAN BOLA (BALL POSSESSION) PADA PERTANDINGAN UEFA CHAMPOINS LEAGUE DAN UEFA EUROLEAGUE 2020-2021. *Jurnal Prestasi Olahraga*, 5(3), 117–132.
- Saikat, S., Amlan, C., & Prasad, M. D. (2019). *Generation of Ball Possession Statistics in Soccer using Minimum-Cost Flow Network*.
- Sanjaya, J., & Ayub, M. (2020). Augmentasi Data Pengenalan Citra Mobil Menggunakan Pendekatan Random Crop, Rotate, dan Mixup. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 6(2). <https://doi.org/10.28932/jutisi.v6i2.2688>
- Sarika S. Wangulkar, Roshani Talmale, & Rajesh Babu. (2019). *A Review on Object Detection and Tracking in Video*.
- Sarkar, S., Chakrabarti, A., & Mukherjee, D. P. (2019). Generation of Ball Possession Statistics in Soccer Using Minimum-Cost Flow Network. *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, 2515–2523. <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2019.00307>

- Sarker, I. H. (2021). Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. *SN Computer Science*, 2(3), 160. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>
- Savitri, L., & Nursalim, R. (2023). Klasifikasi Kualitas Air Minum menggunakan Penerapan Algoritma Machine Learning dengan Pendekatan Supervised Learning. *Diophantine Journal of Mathematics and Its Applications*, 2(01), 30–36. <https://doi.org/10.33369/diophantine.v2i01.28260>
- Sharma, R., Saxena, K., & Rana, A. (2021). Unsupervised Learning in Accordance With New Aspects of Artificial Intelligence. Dalam *Machine Learning Approach for Cloud Data Analytics in IoT* (hlm. 429–459). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119785873.ch17>
- Siddiqui, Bishal Sadi Mridul, Zeeshan Ahmed Habib, Z. S. I. C. Md. A. I., Zaki Sakib, Ibrahim Chowdhury, & Md. Ahmarul Islam. (2024). *Real-time foul detection in football matches using machine learning techniques*.
- Sinaga, K. P., & Yang, M.-S. (2020). Unsupervised K-Means Clustering Algorithm. *IEEE Access*, 8, 80716–80727. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988796>
- Sun, P., Zhao, X., Zhao, Y., Jia, N., & Cao, D. (2022). Intelligent Optimization Algorithm of 3D Tracking Technology in Football Player Moving Image Analysis. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2022/5509095>
- Tamang, S., Sen, B., Pradhan, A., Sharma, K., & Singh, V. K. (2023). Enhancing COVID-19 Safety: Exploring YOLOv8 Object Detection for Accurate Face Mask Classification. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 11(2), 892–897.
- V, S., Ahmed, S., M, S., & J, G. (2024a). Object Detection and Tracking for Football Data Analytics. *Proceedings of the 1st International Conference on Artificial Intelligence, Communication, IoT, Data Engineering and Security, IACIDS 2023, 23-25 November 2023, Lavasa, Pune, India*. <https://doi.org/10.4108/eai.23-11-2023.2343216>
- V, S., Ahmed, S., M, S., & J, G. (2024b). Object Detection and Tracking for Football Data Analytics. *Proceedings of the 1st International Conference on*

- Artificial Intelligence, Communication, IoT, Data Engineering and Security, IACIDS 2023, 23-25 November 2023, Lavasa, Pune, India.*  
<https://doi.org/10.4108/eai.23-11-2023.2343216>
- V, V., K, C. R., & C., R. A. (2022). *Real Time Object Detection System with YOLO and CNN Models: A Review.*
- van Engelen, J. E., & Hoos, H. H. (2020). A survey on semi-supervised learning. *Machine Learning, 109*(2), 373–440. <https://doi.org/10.1007/s10994-019-05855-6>
- Wang, G., Chen, Y., An, P., Hong, H., Hu, J., & Huang, T. (2023). UAV-YOLOv8: A Small-Object-Detection Model Based on Improved YOLOv8 for UAV Aerial Photography Scenarios. *Sensors, 23*(16), 7190. <https://doi.org/10.3390/s23167190>
- Wang, S. hang, Qin, Y., Jia, Y., & Igor, K. E. (2022). A systematic review about the performance indicators related to ball possession. *PLOS ONE, 17*(3), e0265540. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265540>
- Wang, T., & Li, T. (2022). Deep Learning-Based Football Player Detection in Videos. *Computational Intelligence and Neuroscience, 2022*, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/3540642>
- Wang, Z., Sun, J., & Wang, N. (2019). A Novel Multiple Hypothesis Tracking Algorithm Integrated with Detection Processing. *2019 IEEE International Conference on Signal, Information and Data Processing (ICSIDP)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICSIDP47821.2019.9173205>
- Weng, X., Wang, J., Held, D., & Kitani, K. (2020). *AB3DMOT: A Baseline for 3D Multi-Object Tracking and New Evaluation Metrics.*
- Wu, D., Liao, M.-W., Zhang, W.-T., Wang, X.-G., Bai, X., Cheng, W.-Q., & Liu, W.-Y. (2022). YOLOP: You Only Look Once for Panoptic Driving Perception. *Machine Intelligence Research, 19*(6), 550–562. <https://doi.org/10.1007/s11633-022-1339-y>
- Wynn, D. C., & Clarkson, P. J. (2024). *The Design and Development Process.* Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-38168-3>

- Xianbao, C., Guihua, Q., Yu, J., & Zhaomin, Z. (2021). An improved small object detection method based on Yolo V3. *Pattern Analysis and Applications*, 24(3), 1347–1355. <https://doi.org/10.1007/s10044-021-00989-7>
- Yanto, Faruq Aziz, & Irmawati. (2023). *YOLO-V8 PENINGKATAN ALGORITMA UNTUK DETEKSI PEMAKAIAN MASKER WAJAH*.
- Yanto, Y., Aziz, F., & Irmawati, I. (2023). YOLO-V8 PENINGKATAN ALGORITMA UNTUK DETEKSI PEMAKAIAN MASKER WAJAH. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(3), 1437–1444. <https://doi.org/10.36040/jati.v7i3.7047>
- Zendehdel, N., Chen, H., & Leu, M. C. (2023). Real-time tool detection in smart manufacturing using You-Only-Look-Once (YOLO)v5. *Manufacturing Letters*, 35, 1052–1059. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2023.08.062>
- Zhang, H., Zhang, L., Zhuo, L., & Zhang, J. (2020). Object Tracking in RGB-T Videos Using Modal-Aware Attention Network and Competitive Learning. *Sensors*, 20(2), 393. <https://doi.org/10.3390/s20020393>
- Zhang, Y., Sun, P., Jiang, Y., Yu, D., Weng, F., Yuan, Z., Luo, P., Liu, W., & Wang, X. (2021). *ByteTrack: Multi-Object Tracking by Associating Every Detection Box*.
- Zhang, Y., Sun, P., Jiang, Y., Yu, D., Weng, F., Yuan, Z., Luo, P., Liu, W., & Wang, X. (2022). *ByteTrack: Multi-object Tracking by Associating Every Detection Box* (hlm. 1–21). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20047-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20047-2_1)
- Zhao, Y., & Zhou, X. (2021). K-means Clustering Algorithm and Its Improvement Research. *Journal of Physics: Conference Series*, 1873(1), 012074. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1873/1/012074>
- Zou, Z., Chen, K., Shi, Z., Guo, Y., & Ye, J. (2023). Object Detection in 20 Years: A Survey. *Proceedings of the IEEE*, 111(3), 257–276. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2023.3238524>