

Pengembangan Sistem Deteksi Offside Berbasis Metode Yolo dalam Video Pertandingan Sepak Bola

Ibnu Malik Mudzopar^{1*}, Teguh Wiharko²

^{1,2}:Universitas Sangga Buana YPKP, Indonesia

¹ibnumalikmudzopar@gmail.com, ²teguhwiharko@usbypkp.ac.id



Histori Artikel:

Diajukan: 30 September 2023

Disetujui: 16 Oktober 2023

Dipublikasi: 17 Oktober 2023

Kata Kunci:

Sistem deteksi offside;
YOLO; sepak bola; deteksi warna; deteksi pemain

Digital Transformation Technology (Digitech) is an Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Abstrak

Deteksi *offside* dalam sepak bola penting untuk menghindari keputusan wasit yang salah. Beberapa teknik pemrosesan gambar dan pengenalan objek telah dikembangkan untuk mendukung pengenalan halaman otomatis. Salah satu teknologi yang sering digunakan adalah *You Only Look Once* (YOLO), suatu pendekatan pendeteksian objek berdasarkan *deep learning*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi *offside* dalam pertandingan sepak bola menggunakan teknik pengolahan citra. Sistem ini menggunakan model YOLO (*You Only Look Once*) untuk mendeteksi objek, termasuk pemain dan bola, dalam video pertandingan sepak bola. Pemrosesan citra dilakukan untuk mengidentifikasi warna pakaian tim pemain dan menentukan pemain mana yang termasuk dalam Tim A atau Tim B. Selain itu, sistem juga mengenali posisi pemain terkiri dari Tim A dan Tim B. Garis *offside* kemudian dihitung dari posisi pemain terkiri Tim A, dan jika terdapat bola di antara pemain terkiri Tim A dan Tim B, sistem akan mendeteksi *offside*. Jika terdeteksi *offside*, sistem akan menampilkan pesan "*Offside Detected!*" pada video dan menggambar garis *offside* secara vertikal dari pemain terkiri Tim A. Eksperimen dilakukan menggunakan video pertandingan sepak bola sungguhan dan menghasilkan deteksi *offside* yang akurat dan cepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mendeteksi pelanggaran *offside* dalam video pertandingan sepak bola. Sistem ini juga dapat mengidentifikasi pemain bertahan paling belakang dari tim yang bertanding dan mendeteksi pemain penyerang yang berada dalam posisi *offside*.

PENDAHULUAN

Sepak bola, yang dikenal sebagai olahraga paling populer di seluruh dunia, juga memiliki daya tarik yang signifikan di Indonesia, berdasarkan hasil survei Nielsen (Company 2022). Tingginya minat ini tidak hanya menciptakan antusiasme yang besar di antara masyarakat, tetapi juga menempatkan tekanan yang lebih besar pada wasit untuk memastikan bahwa pertandingan berlangsung adil sesuai dengan aturan (Kuswoyo, Pramono, and Rifai 2017). Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang peran wasit dalam sepak bola, termasuk tugas dan tanggung jawab mereka, menjadi sangat penting. Dalam pertandingan sepak bola, wasit memiliki peran krusial dalam menjaga kelancaran dan sportivitas permainan (DIMAS BUDI RAHARJO 2017).

Namun, keputusan wasit sering kali kontroversial dan dapat memengaruhi hasil pertandingan secara signifikan. Salah satu perdebatan yang sering muncul adalah terkait dengan keputusan *offside* (Setiawan 2021). Keputusan wasit yang salah dalam kasus ini bisa menjadi poin perdebatan yang memanas di kalangan penggemar sepak bola (Aspa 2020). *Offside* adalah aturan penting yang bertujuan untuk menjaga keseimbangan antara tim penyerang dan tim bertahan (Santosa 2022).

Dalam upaya untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi keputusan wasit, teknologi pendeteksian objek *You Only Look Once* (YOLO) telah menjadi solusi yang potensial (Arby, Husni, and Amin 2022) (Sanubari and Puriyanto 2022) (Pradito 2022). YOLO adalah pendekatan berbasis *deep learning* yang dapat secara cepat dan tepat mengenali objek dalam citra dan video dengan waktu respons yang rendah (Ultralytics n.d.). Dalam konteks sepak bola, YOLO dapat membantu wasit mengidentifikasi posisi pemain yang berkaitan dengan garis pertahanan lawan dengan lebih cepat dan akurat, mengurangi risiko keputusan yang kontroversial (Zhang et al. 2022).

Berdasarkan latar belakang ini, penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan deteksi objek YOLO dengan analisis posisi pemain bola dan analisis warna pemain (Dalimunthe 2021) untuk mendeteksi *offside*. Rumusan masalah penelitian ini adalah "Bagaimana mengintegrasikan deteksi objek YOLO dengan analisis posisi pemain dan bola untuk mendeteksi *offside*?" Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem deteksi *offside* berbasis metode YOLO dalam video pertandingan sepak bola.

Dengan memahami permasalahan dasar yang ada dan merumuskan tujuan penelitian yang jelas, penelitian ini diharapkan akan memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan akurasi keputusan wasit dan menjaga

integritas permainan sepak bola. Selanjutnya, dalam jurnal ini, akan dibahas secara rinci tentang metode penelitian, hasil temuan, dan implikasi dari penelitian ini terhadap dunia sepak bola (Aziz 2023).

STUDI LITERATUR

Tesis "DETEKSI DAN KLASIFIKASI KERUSAKAN JALAN ASPAL MENGGUNAKAN METODE YOLO BERBASIS CITRA DIGITAL" oleh Ravy Hayu Pramestya (2018) bertujuan mengidentifikasi kerusakan jalan dengan metode YOLO berbasis citra digital untuk pemeliharaan jalan yang lebih baik. Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN), penelitian ini mencapai akurasi tinggi pada klasifikasi kerusakan, termasuk citra yang terganggu, dengan kecepatan proses yang baik. Kontribusinya terletak pada teknologi identifikasi kerusakan jalan otomatis yang dapat mendukung pemeliharaan jalan oleh pihak berwenang dan masyarakat umum, serta menunjukkan potensi metode YOLO dalam pengenalan objek pada citra (Pramestya 2018).

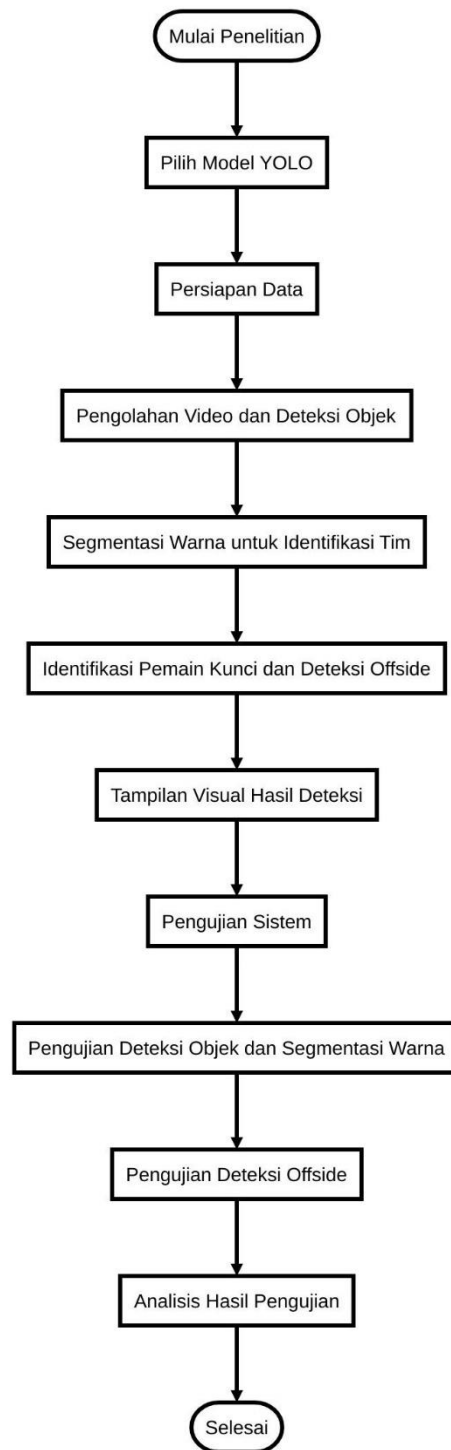
Skripsi "DETEKSI KENDARAAN MENGGUNAKAN ALGORITMA YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO) V3" oleh Muhammad Sauqi Khatami pada tahun 2022 fokus pada penggunaan algoritma YOLO v3 untuk mendeteksi kendaraan. Penelitian ini penting karena kepadatan lalu lintas memiliki dampak besar pada perencanaan jalan dan transportasi. Penelitian ini mencoba mengatasi masalah ini dengan membangun alat deteksi kendaraan otomatis menggunakan algoritma YOLO v3. Hasilnya menunjukkan bahwa algoritma ini berhasil dalam mendeteksi kendaraan, terutama mobil dan kendaraan besar, dengan performa di atas 70%. Penelitian ini memiliki potensi dalam pengembangan teknologi deteksi kendaraan otomatis yang dapat mempermudah penghitungan kepadatan lalu lintas (Sauqi 2022).

Skripsi "TINGKAT PEMAHAMAN PERATURAN PERMAINAN SEPAKBOLA (LAWS OF THE GAME) WASIT C-1 DAN C-2 PENGACAB PSSI SLEMAN" yang ditulis oleh DIMAS BUDI RAHARJO pada tahun 2017 merupakan sebuah penelitian yang mengkaji tingkat pemahaman peraturan permainan sepakbola oleh wasit tingkat C-1 dan C-2 di Pengcab PSSI Sleman. Penelitian ini menggunakan metode survei dengan menggunakan angket sebagai instrumen pengumpulan data. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar wasit tingkat C-1 dan C-2 memiliki tingkat pemahaman yang tinggi terhadap peraturan permainan sepakbola, dengan 96.3% responden berada dalam kategori tinggi, dan hanya 3.7% dalam kategori sedang. Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa tingkat pemahaman peraturan permainan sepakbola oleh wasit C-1 dan C-2 di Pengcab PSSI Sleman secara umum cukup tinggi. Hal ini merupakan informasi yang penting dalam upaya meningkatkan kualitas wasit dan meminimalkan kesalahan dalam memimpin pertandingan sepakbola (DIMAS BUDI RAHARJO 2017).

Skripsi "DETEKSI KEMATANGAN BUAH MANGGIS BERDASARKAN FITUR WARNA CITRA KULIT MENGGUNAKAN METODE TRANSFORMASI RUANG WARNA HSV" oleh ANNAFIAH DALIMUNTHER, yang dipublikasikan pada tahun 2021, Skripsi ini membahas tentang metode untuk mendeteksi tingkat kematangan buah manggis menggunakan citra kulit buah. Metode yang digunakan adalah transformasi ruang warna HSV, yang memanfaatkan Hue, Saturation, dan Value sebagai atribut untuk menganalisis warna dalam citra. Deteksi ini penting dalam industri pertanian, terutama untuk memantau kematangan buah manggis yang memiliki nilai komersial tinggi. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi sebesar 86.6% dalam mendeteksi kematangan buah manggis, menunjukkan potensi untuk otomatisasi proses ini dalam pertanian. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan aplikasi pemrosesan citra untuk pengolahan produk pertanian (Dalimunthe 2021).

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam pengembangan sistem deteksi offside dalam pertandingan sepak bola. Metode ini mencakup langkah-langkah mulai dari pemilihan model YOLO hingga pengujian sistem untuk mengukur akurasi dan konsistensi deteksi objek, segmentasi warna, dan deteksi offside.



Gambar 1 Alur Metode Penelitian

Pada tahap awal penelitian, model YOLO dipilih sebagai algoritma deteksi objek utama. Persiapan data melibatkan pengunduhan pre-trained weights, konfigurasi model (cfg file), dan daftar kelas (coco.names file) yang digunakan dalam model YOLO. Ini memungkinkan sistem untuk mendeteksi berbagai jenis objek dalam pertandingan sepak bola.

Proses pengolahan video dan deteksi objek menggunakan OpenCV untuk memproses setiap frame video secara efisien. Model YOLO digunakan pada setiap frame untuk mendeteksi objek-objek dengan memperhatikan kelasnya. Hasil deteksi mencakup kotak pembatas (bounding box) yang mengelilingi objek serta tingkat

keyakinan (confidence) terkait deteksi tersebut. Algoritma NMS digunakan untuk menghilangkan kotak pembatas yang tumpang tindih.

Setelah deteksi objek, langkah selanjutnya adalah segmentasi warna untuk mengidentifikasi tim yang dimiliki oleh setiap objek. Proses ini melibatkan perhitungan rata-rata warna objek dan perbandingan jarak warna dengan data warna yang merepresentasikan Tim A dan Tim B. Ini memungkinkan klasifikasi objek ke dalam tim yang benar.

Pada tahap identifikasi pemain kunci dan deteksi offside, sistem mengidentifikasi pemain kunci dengan mengidentifikasi pemain paling kiri dari Tim A dan Tim B. Setelah itu, sistem melakukan deteksi offside dengan membandingkan posisi pemain penyerang dari Tim B dengan posisi pemain bertahan paling belakang dari Tim A.

Hasil deteksi objek, segmentasi warna, dan deteksi offside ditampilkan dalam frame video. Kotak pembatas dan label objek ditambahkan ke dalam frame sesuai dengan hasil deteksi YOLO. Informasi tambahan seperti pemain paling kiri dari Tim A dan pemain penyerang dari Tim B juga ditampilkan pada tampilan.

Pengujian dilakukan untuk menguji kemampuan sistem dalam mendeteksi objek-objek seperti pemain dan bola serta mengklasifikasikan pemain ke dalam Tim A atau Tim B berdasarkan warna jersey. Akurasi deteksi dievaluasi dengan membandingkan hasil sistem dengan ground truth.

Tahap pengujian ini berfokus pada deteksi offside. Sistem diuji dengan menggunakan situasi permainan yang memiliki potensi offside. Posisi pemain penyerang dan pemain bertahan dievaluasi, dan sistem harus dapat mengeluarkan keputusan apakah offside terdeteksi atau tidak.

Setelah pengujian selesai, hasil deteksi objek, segmentasi warna, dan deteksi offside dianalisis. Metrik-metrik seperti akurasi deteksi, keberhasilan segmentasi warna, dan akurasi deteksi offside dinilai. Hasil analisis ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam mencapai tujuan penelitian.

HASIL

Dalam penelitian ini, penulis telah menghadirkan hasil yang menarik dan signifikan yang diperoleh melalui metode eksperimen yang cermat dan analisis yang mendalam. Temuan penulis mengungkapkan pemahaman yang lebih mendalam tentang pengintegrasian yolo dan analisis warna objek dapat mendeteksi situasi offside yang terjadi. Penelitian ini membuka pintu untuk potensi pengembangan lebih lanjut dalam bidang deteksi offside pada pertandingan sepak bola dan mengundang diskusi lebih lanjut tentang implikasi temuan ini dalam konteks deteksi offside. Dalam paragraf ini, penulis akan menguraikan temuan utama penulis, mencermati implikasinya, dan mengeksplorasi arah penelitian selanjutnya.

Dalam tahap ini, video pertandingan dijalani melalui proses yang melibatkan penggunaan model YOLO untuk melakukan deteksi objek yang memiliki relevansi dalam konteks pertandingan, seperti pemain dan bola. Setiap objek yang berhasil terdeteksi akan diberi tanda dengan kotak pembatas yang mengelilinginya, disertai dengan label yang menjelaskan kelas objek yang diidentifikasi.

1. Pemilihan Model YOLO dan Persiapan Data

Pertama-tama, penulis memilih model YOLO sebagai algoritma deteksi objek utama. Penulis menggunakan versi pre-trained dari model YOLO yang telah dilatih untuk mendeteksi berbagai jenis objek dalam citra, termasuk manusia dan bola dalam pertandingan sepak bola. Penulis mengunduh pre-trained weights, konfigurasi model (cfg file), dan daftar kelas (coco.names file) yang dibutuhkan untuk model YOLO.

2. Pengolahan Video dan Deteksi Objek

Setelah persiapan data selesai, penulis memulai proses pengolahan video dan deteksi objek. Penulis menggunakan pustaka OpenCV untuk memproses setiap frame video secara berurutan. Pada setiap frame, model YOLO diterapkan untuk mendeteksi objek-objek seperti pemain dan bola. Hasil deteksi ini mencakup kotak pembatas (bounding box) yang mengelilingi objek dan tingkat keyakinan (confidence) terkait deteksi tersebut. Penulis menggunakan algoritma Non-Maximum Suppression (NMS) untuk menghilangkan kotak pembatas yang tumpang tindih dan mempertahankan kotak pembatas dengan tingkat kepercayaan tertinggi.

3. Segmentasi Warna untuk Identifikasi Tim

Langkah berikutnya adalah segmentasi warna untuk mengidentifikasi tim yang dimiliki oleh setiap objek yang terdeteksi. Penulis melakukan perhitungan rata-rata warna dari setiap objek yang terdeteksi, dan kemudian menghitung jarak warna antara rata-rata warna objek tersebut dengan data warna yang merepresentasikan Tim A dan Tim B. Objek kemudian diklasifikasikan ke dalam salah satu tim berdasarkan jarak warna terkecil.

4. Identifikasi Pemain Kunci dan Deteksi Offside

Dalam tahap ini, penulis mengidentifikasi pemain kunci dengan mengidentifikasi pemain paling kiri dari Tim A dan Tim B pada setiap frame video. Identifikasi pemain kunci ini memungkinkan sistem untuk fokus pada pemain yang berperan penting dalam permainan. Setelah pemain kunci diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah deteksi offside. Deteksi offside dilakukan dengan membandingkan posisi pemain

penyerang dari Tim B dengan posisi pemain bertahan paling belakang dari Tim A. Jika pemain penyerang berada lebih dekat ke gawang lawan daripada pemain bertahan, maka sistem akan mendeteksi adanya situasi offside.

5. Tampilan Visual Hasil Deteksi

Hasil deteksi objek, segmentasi warna, dan deteksi offside ditampilkan dalam frame video. Kotak pembatas dan label objek ditambahkan ke dalam frame sesuai dengan hasil deteksi YOLO. Informasi tambahan seperti pemain paling kiri dari Tim A dan pemain penyerang dari Tim B juga ditampilkan pada tampilan.



Gambar 2 Tampilan Deteksi Objek Menggunakan YOLO

Pada gambar di atas, terlihat bahwa hasil deteksi objek telah berhasil mengidentifikasi beberapa pemain dari Tim A dan Tim B, serta melakukan deteksi objek yang mengacu pada bola yang berada di tengah lapangan

Setelah proses deteksi objek selesai, dilanjutkan dengan tahap analisis warna yang bertujuan untuk mengelompokkan pemain ke dalam Tim A atau Tim B berdasarkan warna objek yang terdeteksi pada setiap pemain. Melalui langkah ini, dilakukan identifikasi warna yang menjadi ciri khas masing-masing tim, yaitu warna merah untuk Tim A dan warna biru untuk Tim B.



Gambar 3 Tampilan Analisis Warna

Pada gambar di atas, objek yang dikelompokkan ke dalam Tim A ditandai dengan warna merah, sementara objek yang dikelompokkan ke dalam Tim B ditandai dengan warna biru. Penekanan visual ini memberikan klarifikasi yang jelas dan mempermudah pengamat atau peneliti untuk secara instan mengidentifikasi pemain dan elemen-elemen yang terkait dengan Tim A dan Tim B dalam konteks permainan sepak bola.

Situasi offside ditandai dengan pemain dari Tim B yang berada paling kiri dan pemain dari Tim A yang berada paling kiri dalam satu frame, menciptakan momen yang sangat penting dalam pertandingan sepak bola.

Untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas terkait batas offside, sebuah garis offside vertikal digambarkan yang menghubungkan langsung dari pemain paling kiri Tim A. Hal ini digunakan untuk memvisualisasikan batas offside dengan lebih nyata dan memungkinkan pengamat atau peneliti untuk dengan cepat mengidentifikasi serta menganalisis situasi offside dalam dinamika permainan.



Gambar 4 Tampilan Hasil Deteksi Offside

Pada gambar di atas, terlihat pemain paling kiri dari Tim A, yang merupakan pemain bertahan paling belakang, dijadikan patokan untuk pembuatan garis pemisah antara area offside dan onside. Dengan posisi yang sangat terlihat, pemain ini menjadi referensi kunci dalam menentukan garis offside.

Di sisi lain, pemain dari Tim B yang berperan sebagai penyerang terlihat berada pada posisi yang dapat dianggap sebagai offside. Keadaan ini dapat menjadi momen penting dalam pertandingan sepak bola, dan penggunaan referensi visual seperti pemain terkiri dari Tim A membantu peneliti atau pengamat untuk dengan mudah mengidentifikasi situasi offside dalam permainan.

PEMBAHASAN

Pada bagian ini, para peneliti dapat memberikan diskusi sederhana terkait dengan hasil uji coba penelitian. Bagian ini berisi pendapat penulis tentang hasil penelitian yang diperoleh. Fitur umum dari bagian diskusi termasuk perbandingan antara data yang diukur dan dimodelkan atau perbandingan antara berbagai metode pemodelan, hasil yang diperoleh untuk memecahkan masalah teknik atau ilmiah tertentu, dan penjelasan lebih lanjut tentang temuan baru dan signifikan.

Pada bagian pembahasan penelitian ini, penulis menjelaskan hasil dari pengembangan sistem deteksi offside berbasis metode YOLO dalam video pertandingan sepak bola. Hasil eksperimen penulis menunjukkan bahwa pendekatan yang penulis ajukan dapat secara efektif mendeteksi situasi offside dalam pertandingan sepak bola. Hasil akurasi deteksi objek yang tinggi, termasuk pemain, bola, dan identifikasi tim, memungkinkan sistem penulis untuk mengambil keputusan yang lebih akurat terkait offside. penulis juga berhasil mengidentifikasi pemain bertahan paling belakang dari Tim A dan pemain penyerang dari Tim B, serta menggambar garis offside dengan tepat.

Selain itu, penulis melakukan berbagai percobaan dan analisis untuk menguji keandalan sistem penulis dalam berbagai situasi permainan sepak bola. penulis menemukan bahwa sistem ini memiliki tingkat keberhasilan yang baik dalam mendeteksi offside dalam berbagai kondisi pencahayaan dan lingkungan permainan yang berbeda. Meskipun ada beberapa situasi di mana sistem mungkin mengalami kesulitan, seperti ketika bola tidak jelas dalam frame atau saat bola menempel pada objek pemain, penulis juga mencatat bahwa hasil deteksi cenderung konsisten dan dapat diandalkan.

penulis percaya bahwa pengembangan sistem deteksi offside berbasis metode YOLO ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan keadilan dalam pertandingan sepak bola dan memberikan manfaat besar bagi wasit dan penggemar. Namun, penulis juga menyadari bahwa masih ada ruang untuk peningkatan lebih lanjut, seperti penggunaan teknik augmentasi data dan fine-tuning model untuk meningkatkan akurasi. penulis berharap bahwa hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem deteksi offside yang lebih canggih di masa depan."

KESIMPULAN

Berdasarkan implementasi kode yang telah dipaparkan sebelumnya, penulis menyimpulkan bahwa sistem yang mengintegrasikan deteksi objek YOLO dengan analisis posisi pemain dan bola berhasil mendeteksi pelanggaran offside dalam video pertandingan sepak bola. Sistem ini mampu mengidentifikasi pemain bertahan paling belakang dari tim yang bertanding dan pemain penyerang yang berada dalam posisi offside melalui analisis warna dan peraturan offside. Dengan demikian, pendekatan ini terbukti efektif dalam mendeteksi offside dalam pertandingan sepak bola. Dalam penutup, penulis mengakui adanya kekurangan dalam penelitian ini, baik dari segi penulisan maupun materi. Penulis memberikan saran kepada peneliti selanjutnya untuk lebih mendalami metode YOLO, menggunakan dataset video yang lebih relevan, dan memperbaiki segmentasi warna untuk meningkatkan akurasi deteksi bola. Dengan perbaikan yang tepat, sistem deteksi offside ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan pengawasan dalam pertandingan sepak bola dan membantu wasit dalam pengambilan keputusan yang lebih adil. Semoga penelitian mendatang dapat mengatasi kekurangan-kekurangan ini dan memberikan kontribusi yang lebih besar dalam bidang ini.

REFERENSI

- Arby, Falah Hikamudin, Imam Husni, and Al Amin. 2022. "Implementation of YOLO-v5 for a Real-Time Social Distancing Detection." 6(1):1–6.
- Aspa, Agus Prima. 2020. "Pengaruh Daya Tahan Dan Kecepatan, Terhadap Kinerja Wasit Sepakbola C1 Nasional PSSI Provinsi Riau." *Gelanggang Olahraga: Jurnal Pendidikan Jasmani Dan Olahraga (JPJO)* 3(2):116–22. doi: 10.31539/jpjo.v3i2.1044.
- Aziz, Faris. 2023. "Pendeteksian Posisi Offside Pada Permainan Sepak Bola Dengan Algoritma K-Means Clustering."
- Company, The Nielsen. 2022. "Nielsen-World-Football-Report-2022." 2022, 15.
- Dalimunthe, Annafiah. 2021. "Deteksi Kematangan Buah Manggis Berdasarkan Fitur Warna Citra Kulit Menggunakan Metode Transformasi Ruang Warna HSV." *Skripsi* 89.
- DIMAS BUDI RAHARJO. 2017. "Tingkat Pemahaman Peraturan Permainan Sepakbola (Laws Of The Game) Wasit C-1 Dan C-2 Pengcab Pssi Sleman Skripsi." *BMC Public Health* 5(1):1–8.
- Kuswoyo, Dilli Dwi, Harry Pramono, and Achmad RC Rifai. 2017. "Kontribusi Percaya Diri, Konsentrasi Dan Motivasi Terhadap Kinerja Wasit Persatuan Sepak Bola Seluruh Indonesia Provinsi Sumatera Selatan." *Journal of Physicak Education and Sports* 6(3):241–47.
- Pradito, Reza Nova. 2022. "Perancangan Dan Implementasi Sistem Pendeteksi Kendaraan Roda Dua Menggunakan Algoritma YOLO (You Only Look Once)."
- Pramestya, Ravy Hayu. 2018. "Deteksi Dan Klasifikasi Kerusakan Jalan Aspal Menggunakan Metode YOLO Berbasis Citra Digital." *Institut Teknolgi Sepuluh Nopember* 91.
- Santosa, Yonatan Krisna Halman Tri. 2022. "Keputusan Kontroversi Wasit Warnai Pertandingan Borneo FC Vs Persib Bandung, Lihat Cuplikannya." *Tribunnews.Com*. Retrieved September 1, 2023 (<https://wow.tribunnews.com/2022/01/19/keputusan-memalukan-wasit-warnai-pertandingan-borneo-fc-vs-persib-bandung-lihat-cuplikannya>).
- Sanubari, Farhan Fadhillah, and Riky Dwi Puriyanto. 2022. "Deteksi Bola Dan Gawang Dengan Metode YOLO Menggunakan Kamera Omnidirectional Pada Robot KRSBI-B." *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro* 4(2):76–85. doi: 10.12928/biste.v4i2.6712.
- Sauqi, Muhammad. 2022. "Deteksi Kendaraan Menggunakan Algoritma You Only Look Once (YOLO) V3." *Universitas Islam Indonesia* 5–8.
- Setiawan, Arif. 2021. "Terbukti Lakukan Kesalahan, Wasit Laga Persebaya VS Persela Dilarang Tampil." *Bolasport.Com*. Retrieved September 1, 2023 (<https://www.bolasport.com/read/312978005/terbukti-lakukan-kesalahan-wasit-laga-persebaya-vs-persela-dilarang-tampil#:~:text=BOLASPORT.COM - PSSI resmi menghukum wasit Musthofa Umarella,keputusan di laga Persebaya Surabaya vesus Persela Lamongan.>).
- Ultralytics. n.d. "Ultralytics YOLOv8 Docs." Retrieved (<https://docs.ultralytics.com/>).
- Zhang, Yu, Zhong Yin Guo, Yuan Tian, and Haotian Tang. 2022. "Deteksi Kendaraan Real-Time Berdasarkan Peningkatan YOLO V5."