

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sepak bola merupakan salah satu cabang olahraga yang paling populer dan paling banyak digemari di dunia termasuk di Indonesia. Olahraga ini dimainkan oleh dua tim yang masing-masing terdiri atas sebelas pemain di atas lapangan berumput dengan ukuran yang relatif luas. Seiring perkembangan zaman popularitas sepak bola terus mengalami peningkatan dan menjadi bagian integral dalam dinamika olahraga modern. Tujuan utama permainan sepak bola adalah meraih kemenangan dengan mencetak gol sebanyak mungkin ke gawang lawan, yang dijaga oleh seorang penjaga gawang (kiper) yang bertugas menghalau bola agar tidak masuk ke dalam gawang. Dalam satu tim, terdapat sepuluh pemain yang umumnya berperan dalam membangun serangan maupun menjaga keseimbangan permainan di area tengah lapangan, sedangkan satu pemain lainnya berposisi sebagai penjaga gawang yang bertugas mempertahankan area pertahanan agar tim terhindar dari kebobolan (Kurniawan & Guston, 2023). Untuk mampu menampilkan performa terbaik di lapangan pemain sepak bola dituntut memiliki kondisi fisik yang prima, kesiapan mental yang kuat serta kestabilan psikologis yang baik. Setiap pemain juga harus menguasai teknik dasar dan strategi permainan secara optimal. Dalam perkembangan sepak bola modern aspek daya tahan tubuh, kecepatan dan kekuatan fisik menjadi faktor yang sangat penting karena berpengaruh besar terhadap efektivitas permainan selama pertandingan berlangsung (Kahraman & Arslan, 2023).

Secara khusus kecepatan sprint menjadi salah satu indikator kunci performa fisik yang paling krusial dalam sepak bola kontemporer. Penelitian menunjukkan bahwa pemain sepak bola profesional memiliki kecepatan *sprint* rata-rata pada tuntutan lokomotif mencakup lari kecepatan tinggi (*high-speed running*) pada rentang 19.8–25.1 km/jam yang meningkat sekitar 29% dalam pertandingan serta lari cepat (*sprint*) pada kecepatan >25.1 km/jam yang meningkat sekitar 50%

(Mahardika & Prianto, 2025). Atlet elit seperti Kylian Mbappé tercatat mencapai kecepatan puncak hingga sekitar 38 km/jam dalam pertandingan kompetitif (Setiabudi & Qiram, 2018). Kecepatan ini menjadi tolok ukur penting bagi pelatih dan tim kepelatihan dalam menilai kapasitas fisik pemain baik dalam fase menyerang maupun bertahan. Berdasarkan hasil penelitian, pemain umumnya hanya melakukan lari berintensitas tinggi dalam jarak yang relatif pendek dan kondisi tersebut dipengaruhi oleh berbagai situasi pertandingan seperti ketika tim berada dalam posisi unggul maupun saat skor pertandingan masihimbang (Setiabudi & Qiram, 2018). Dalam pertandingan sepak bola, terdapat situasi di mana seorang pemain tidak menunjukkan aktivitas optimal dalam pergerakan permainan, bahkan cenderung bermain secara pasif atau bermalas-malasan. Kondisi ini dapat memberikan dampak signifikan terhadap pola permainan tim khususnya dalam hal penentuan strategi kemenangan serta penempatan posisi yang tepat dalam melakukan serangan maupun bertahan. Permasalahan tersebut menjadi aspek krusial baik bagi performa tim secara keseluruhan maupun bagi karier individu pemain, di mana pemain yang dianggap tidak menunjukkan kontribusi maksimal berpotensi untuk digantikan atau tidak masuk dalam daftar susunan pemain inti pada pertandingan selanjutnya.

Namun evaluasi performa pemain saat ini masih menghadapi kendala yang signifikan. Di tingkat profesional, klub menggunakan sistem pelacakan berbasis GPS atau kamera optik berbiaya tinggi (seperti Catapult atau STATSports) yang mampu mengukur kecepatan dan jarak tempuh pemain secara akurat. Sementara itu di tingkat akademi, amatir, atau Sekolah Sepak Bola (SSB) teknologi tersebut tidak terjangkau. Pelatih di level ini masih sangat bergantung pada pengamatan mata (*visual observation*) yang bersifat subjektif, tidak terukur, dan sulit didokumentasikan secara konsisten sepanjang pertandingan. Padahal rekaman video pertandingan dari siaran televisi atau platform seperti YouTube sangat melimpah dan mudah diakses, namun belum dimanfaatkan secara optimal untuk analisis kecepatan pemain secara otomatis. Perkembangan teknologi *computer vision* membuka peluang untuk menjembatani kesenjangan tersebut. Penerapan teknologi dalam mendeteksi kecepatan pergerakan pemain serta penguasaan bola

pada permainan sepak bola memungkinkan kondisi fisik dan performa atlet dipantau secara langsung dari rekaman video. Melalui metode ini, pelatih dan tim kepelatihan dapat memperoleh berbagai informasi penting seperti tingkat kecepatan pemain, jarak tempuh, dan pola pergerakan pemain selama proses latihan maupun pertandingan berlangsung (Pamungkas et al., 2023). Seiring berkembangnya teknologi, berbagai metode berbasis *computer vision* telah banyak diterapkan dalam dunia sepak bola seperti *Goal Line Technology*, *Virtual Offside Lines*, *Video Assistant Referee* (VAR) serta *Electronic Performance & Tracking System*. Kehadiran teknologi tersebut bertujuan untuk membantu meningkatkan akurasi pengambilan keputusan, efektivitas analisis pertandingan, dan kualitas jalannya permainan secara keseluruhan. Berbagai penelitian juga telah dilakukan terkait penerapan teknologi dalam sepak bola guna mendukung peningkatan efisiensi dan performa pertandingan (Pratama et al., 2023).

Penelitian sebelumnya oleh Wang & Li (2022) berfokus pada pendeteksian pemain sepak bola pada video pertandingan berbasis *deep learning* dengan hasil berupa metode deteksi berbasis *deep Convolutional Neural Network* (CNN) yang cepat dan robust. Metode tersebut lebih cepat dari R-CNN dan cocok untuk deteksi pemain secara *real-time*. Namun penelitian tersebut hanya berfokus pada deteksi, belum mencakup pelacakan identitas pemain secara konsisten, pembedaan tim secara otomatis, maupun estimasi kecepatan pergerakan yang dikompensasi terhadap gerakan kamera. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya masih menggunakan data yang sangat terbatas dan belum diimplementasikan dalam bentuk aplikasi yang siap pakai oleh pelatih. Dari sinilah kesenjangan penelitian muncul: belum ada sistem *computer vision* yang terintegrasi, terjangkau, dan mudah diakses yang mampu mendeteksi dan melacak pemain secara otomatis dari video pertandingan standar, mengelompokkan pemain ke dalam tim berdasarkan warna *jersey* secara akurat, mengestimasi kecepatan *sprint* pemain dengan mempertimbangkan kompensasi pergerakan kamera serta menyajikan hasil analisis dalam bentuk aplikasi web yang dapat digunakan langsung oleh pelatih dan analis.

Penelitian ini hadir untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengintegrasikan YOLOv8 untuk deteksi objek, DeepSORT untuk pelacakan multi-objek, dan K-Means *clustering* untuk identifikasi tim berbasis warna *jersey*. Kebaruan penelitian ini terletak pada beberapa aspek yaitu penggunaan Lucas-Kanade *Optical Flow* untuk mengompensasi pergerakan kamera sehingga perhitungan kecepatan menjadi lebih akurat, penerapan ruang warna HSV yang lebih robust terhadap perubahan cahaya dibandingkan RGB, implementasi sistem dalam aplikasi web berbasis *flask* yang memungkinkan *upload* video, pemrosesan otomatis, dan unduh hasil anotasi serta pengujian pada tiga video publik sebagai bukti konsep bahwa sistem dapat bekerja pada berbagai kondisi video tanpa memerlukan sensor khusus sehingga bersifat *generalizable* dan hemat biaya.

Meskipun video yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari sumber publik dan bukan dari rekaman langsung tim amatir, hal tersebut bukanlah kelemahan melainkan justru menjadi kekuatan utama sistem. Dengan menggunakan video publik yang beragam dalam hal sudut pandang kamera, pencahayaan, dan warna *jersey*, sistem diuji pada kondisi yang bervariasi dan menantang, sehingga ketahanan dan fleksibilitasnya dapat terukur secara objektif. Jika sistem mampu bekerja dengan baik pada video pertandingan profesional yang memiliki kualitas tinggi sekaligus kompleksitas gerakan maka sistem tersebut dengan sendirinya dapat diterapkan pada video pertandingan amatir atau SSB yang umumnya memiliki kualitas lebih rendah, selama resolusi dan kontras warna masih memadai. Dengan kata lain, penelitian ini tidak bertujuan untuk memvalidasi sistem pada satu tim tertentu, melainkan untuk membangun dan menguji sebuah metode analisis yang *general*, *reproducible* dan siap pakai untuk berbagai pengguna, termasuk pelatih SSB, akademi, dan klub amatir tanpa perlu investasi perangkat keras mahal. Hasil penelitian ini adalah sebuah produk teknologi berupa sistem analisis kecepatan pemain yang dapat diinstal dan digunakan oleh siapa saja yang memiliki rekaman video pertandingan tidak terbatas pada satu studi kasus. Untuk penelitian selanjutnya, sistem ini siap diimplementasikan pada tim amatir nyata dengan pengambilan video langsung yang akan menjadi penguatan lebih lanjut dari temuan saat ini.

Urgensi penelitian ini tidak hanya terletak pada aspek teknis tetapi juga pada kebutuhan praktis dunia sepak bola Indonesia, di mana keterbatasan dana dan infrastruktur sering menjadi hambatan utama dalam adopsi teknologi analisis performa. Dengan sistem ini pelatih di berbagai level kompetisi dapat memperoleh data kecepatan yang objektif dan terukur untuk mengevaluasi performa pemain secara kuantitatif, membandingkannya dengan tolok ukur atlet profesional dan pada akhirnya mendukung pengambilan keputusan strategis seperti rotasi pemain, penetapan formasi, dan program latihan individual berbasis data. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan ilmu computer vision di bidang olahraga tetapi juga memberikan solusi nyata yang dapat diimplementasikan langsung oleh praktisi sepak bola di lapangan, termasuk tim amatir dan SSB yang selama ini belum terjangkau oleh teknologi analisis performa modern.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, rumusan masalah yang dapat disimpulkan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan *computer vision* dalam mendeteksi pergerakan pemain di lapangan pada rekaman video pertandingan sepak bola ?
2. Bagaimana penerapan program *computer vision* dalam mendata dan mengevaluasi pemain bola ?
3. Bagaimana penerapan *computer vision* dalam mendeteksi kecepatan pemain dan penguasaan bola ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, ada beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengembangkan sebuah sistem *computer vision* yang dapat mendeteksi setiap gerakan pemain dan juga menganalisa permainan dari suatu tim untuk

membantu tim pelatih dalam mengevaluasi permainan dalam suatu pertandingan.

2. Menerapkan sistem *computer vision* yang dapat menyajikan analisis pergerakan dari setiap pemain yang dapat mendeteksi kecepatan dari sebuah tim dan juga evaluasi kinerja dari pemain pada suatu tim.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari implementasi *computer vision* dalam mendeteksi pergerakan pemain sepak bola adalah:

1. Sistem *computer vision* memungkinkan pelacakan akurat pergerakan dan kecepatan pemain selama pertandingan. Data ini dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja individu dan tim secara objektif, serta mendukung perencanaan strategi dan pengembangan keterampilan pemain.
2. Hasil dari analisis video berupa data pergerakan yang detail dapat digunakan dalam penelitian fisiologi dan psikologi olahraga yang membuka peluang untuk mengembangkan metode pelatihan yang lebih efektif dan meningkatkan teknik serta taktik olahraga.
3. Hasil data dari sistem *computer vision* dapat menampilkan statistik pergerakan dan kinerja pemain kepada penonton maupun staff kepelatihan demi evaluasi taktik permainan kedepannya.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Dalam perancangan sistem *computer vision* pertandingan sepak bola ini penulis membatasi ruang lingkup masalah, adapun batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini yaitu:

1. Ruang lingkup penelitian difokuskan pada implementasi *computer vision* untuk deteksi pemain dalam video rekaman pertandingan sepak bola, sehingga hasil penelitian tidak dapat secara langsung diterapkan pada skenario lain di luar konteks tersebut.
2. *Dataset* yang digunakan berasal dari data berupa gambar yang sudah diberi label terlebih dahulu tiap objeknya diakses melalui *website Roboflow*.

3. Sistem hanya mampu memproses video berdurasi maksimal 30 detik dengan format MP4 *File* (.mp4).
4. Sistem yang dikembangkan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* untuk pengelompokan warna seragam pemain serta memanfaatkan platform Google Colab dalam pengolahan *dataset*. Metode YOLOv8 digunakan sebagai algoritma utama dalam proses deteksi objek.
5. Ruang lingkup sistem dibatasi pada pendeteksian kecepatan pergerakan pemain serta estimasi penguasaan bola dalam sebuah rekaman video pertandingan sepak bola.
6. Sistem menghadapi kendala dalam proses pendeteksian apabila *jersey* kiper dari kedua tim memiliki warna yang serupa sehingga menyulitkan proses identifikasi secara akurat.