

Analisis Sistem Ball Tracking Fifa dalam Ajang Fifa World Cup Qatar 2022™

Bambang Dwinanto^{1*}, Mochamad karjadi²

Universitas Gunadarma, Indonesia

Email: bambang_dwi@staff.gunadarma.ac.id, mkaryadi@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi yang begitu pesat tentunya berimbas ke banyak aspek kehidupan kita, tak terkecuali sepakbola. Sepakbola modern kini telah banyak mengimplementasikan berbagai teknologi untuk meningkatkan kualitas pertandingan yang ada, baik bagi pemain maupun penonton. Salah satu teknologi tersebut yaitu sensor yang ada di dalam bola. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis cara kerja sistem pelacakan bola yang digunakan pada ajang FIFA World Cup Qatar 2022™, khususnya dari sudut pandang elektronik. Metodologi penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif dengan tinjauan literatur. Hasilnya menunjukkan bahwa teknologi dapat memainkan peranan penting dalam perkembangan sepak bola, membuatnya lebih adil dan lebih baik bagi pemain serta penikmat sepak bola. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi sensor berbasis Ultra-Wideband (UWB) dan Inertial Measurement Unit (IMU) memainkan peran kunci dalam memastikan akurasi pelacakan posisi bola dengan tingkat kesalahan kurang dari 10 cm dan kecepatan pembaruan hingga 400 kali per detik. Sistem ini memanfaatkan teknik triangulasi seperti Time-Difference of Arrival (TDoA) untuk menentukan lokasi bola secara real-time, yang didukung oleh jaringan antena di sekitar stadion. Teknologi ini juga memungkinkan pengolahan data secara otomatis untuk menghasilkan metrik penting seperti kecepatan bola, panjang operan, dan interaksi bola dengan pemain. Kesimpulannya, integrasi teknologi seperti Connected Ball Technology tidak hanya meningkatkan keadilan dan kualitas pertandingan, tetapi juga membuka peluang baru untuk analisis taktik dan pengalaman menonton yang lebih interaktif. Implikasi penelitian ini mencakup pengembangan teknologi lanjutan yang dapat diterapkan di berbagai level pertandingan sepak bola untuk meningkatkan pengalaman baik bagi pemain maupun penonton.

Kata Kunci : Sensor, Bola, Ultra-Wideband (UWB)

Abstract

The rapid development of technology certainly has an impact on many aspects of our lives, including football. Modern football has now implemented a lot of various technologies to improve the quality of existing matches, both for players and spectators. One of these technologies is the sensor inside the ball. The purpose of this

study is to analyze how the ball tracking system used in the FIFA World Cup Qatar 2022™ works, especially from an electronic point of view. The research methodology used is qualitative research with literature review. The results show that technology can play an important role in the development of football, making it fairer and better for players and football connoisseurs alike. The results show that Ultra-Wideband (UWB)-based sensor technology and Inertial Measurement Unit (IMU) play a key role in ensuring the accuracy of ball position tracking with an error rate of less than 10 cm and an update speed of up to 400 times per second. The system utilizes triangulation techniques such as Time-Difference of Arrival (TDoA) to determine the location of the ball in real-time, supported by a network of antennas around the stadium. The technology also allows for automated data processing to generate important metrics such as ball speed, pass length, and ball interaction with players. In conclusion, the integration of technologies such as Connected Ball Technology not only improves the fairness and quality of matches, but also opens up new opportunities for tactical analysis and a more interactive viewing experience. The implications of this research include the development of advanced technologies that can be applied at different levels of football matches to improve the experience for both players and spectators.

Keywords : *Sensor, Ball, Ultra-Wideband (UWB)*

Pendahuluan

Isu global terkait teknologi sensor dalam olahraga, khususnya sepakbola, telah menjadi perhatian utama dalam beberapa dekade terakhir. Perkembangan pesat teknologi, termasuk sistem pelacakan bola, mencerminkan urgensi untuk mengurangi kontroversi yang sering muncul dalam pengambilan keputusan selama pertandingan. (Wibowo, 2023) Misalnya, kontroversi seperti "Hand of God" pada Piala Dunia 1986 menggarisbawahi pentingnya teknologi untuk memastikan keadilan dalam olahraga yang dinikmati oleh jutaan penggemar di seluruh dunia.

Faktor-faktor yang mempengaruhi timbulnya permasalahan tersebut meliputi keterbatasan kemampuan manusia dalam membuat keputusan dalam waktu singkat, keterbatasan perspektif wasit, dan kurangnya alat bantu teknologi pada masa lalu. Keterbatasan ini dapat menghasilkan keputusan yang kurang tepat, yang tidak hanya merugikan tim atau pemain tetapi juga mencederai integritas olahraga itu sendiri. Dampak dari faktor-faktor ini cukup signifikan, seperti menurunnya kepercayaan publik terhadap keadilan pertandingan, meningkatnya kontroversi dalam pengambilan keputusan, dan ketidakpuasan penggemar. Dengan demikian, integrasi teknologi modern seperti sensor dalam bola dan sistem pelacakan posisi telah menjadi langkah penting untuk mengatasi tantangan ini (Hamilton & Finley, 2019).

Dalam ajang 1986 FIFA World Cup Mexico™, saat tim nasional sepakbola Argentina bertemu dengan tim nasional sepakbola Inggris pada babak perempat final, Diego Maradona mencetak gol ke gawang Inggris secara tidak sah karena menggunakan tangannya [1] (Persada & Putra, 2020; Zulhidayat, 2018). Dalam *Laws*

of the Game 22/23 nomor 12 tentang *Fouls and Misconduct*, seorang pemain (bukan kiper) dikatakan melakukan pelanggaran apabila dia menyentuh bola dengan tangannya dalam beberapa detail keadaan termasuk kesengajaan (Reza, 2020)[2]. Dalam tayangan ulang terlihat kalau Maradona memang menggunakan sedikit tangannya untuk memasukkan bola ke gawang Inggris walaupun dia terlihat seperti sedang menyundul bola (Sastra, 2016). Namun, wasit pada pertandingan saat itu tidak menganulir gol tersebut karena keterbatasan perspektif sang wasit dan tidak adanya fasilitas tayangan ulang instan seperti saat ini. Gol tersebut menjadi gol kontroversial yang dikenang hingga saat ini. Dengan luasnya lapangan permainan dan jumlah pemain yang cukup banyak, hal-hal semacam itu mungkin saja terjadi saat pertandingan sepakbola. Keputusan-keputusan seperti gol, *offside*, pelanggaran, dan bola yang keluar lapangan permainan kadangkala menjadi hal-hal yang dapat menuai kontroversi. Contoh lain misalnya saat laga Perancis melawan Honduras di fase grup E pada 2014 FIFA World Cup Brazil™ (ARIFIN, 2016) [3] dan laga Jerman melawan Inggris di fase 16 besar pada 2010 FIFA World Cup South Africa™ [4].

Kini, 37 tahun setelah gol kontroversial yang dilakukan oleh Maradona di Mexico dulu, hampir bisa dipastikan kita sudah jarang mendapati keputusan-keputusan seperti itu lagi karena Fédération Internationale De Football Association (FIFA), organisasi yang mengatur sepakbola di seluruh dunia, sudah banyak memanfaatkan teknologi dalam pertandingan- pertandingan sepakbola yang dinaunginya. Bahkan, FIFA sempat menyatakan (Beiderbeck, Evans, Frevel, & Schmidt, 2023; Glebova, Gerke, & Book, 2023). Apakah inovasi dari teknologi sudah seharusnya menjadi bagian integral dari sepakbola? Hal itu sejalan juga dengan visi 2020-2023 Presiden FIFA, Gianni Infantino, tentang pemanfaatan teknologi dalam pertandingan sepakbola. FIFA memiliki motivasi intrinsik untuk mencari inovasi dan teknologi baru yang memiliki potensi untuk menjadikan pertandingan sepakbola lebih baik lagi di semua level pertandingan [5]. Contoh terbaru ada pada ajang FIFA World Cup Qatar 2022™ yang menghadirkan teknologi-teknologi berupa *Semi-Automated Offside Technology*, *Video Assistant Referee (VAR)*, dan *Goal Line Technology (GLT)*.

Hal menarik ada pada teknologi *Semi-Automated Offside Technology* karena dalam kinerjanya teknologi itu menggunakan komponen bola yang di dalamnya terintegrasi oleh sensor elektronik (Patel, Sinha, & Goel, 2020). Selain untuk menunjang kinerja dari teknologi tersebut, sensor yang ada dalam bola itu dapat juga digunakan untuk melacak posisi dan pergerakan dari bola tersebut (WIARTO, 2020). Oleh karena itu, dalam kepenulisan ilmiah ini penulis akan memaparkan tentang kinerja sistem *ball tracking* pada ajang FIFA World Cup Qatar 2022™.

Salah satu teknologi inovatif yang digunakan dalam Piala Dunia FIFA Qatar 2022 adalah *Connected Ball Technology* yang dikembangkan oleh FIFA dan Adidas.

Teknologi ini menggunakan sensor Ultra-Wideband (UWB) dan Inertial Measurement Unit (IMU) yang memungkinkan pelacakan bola secara real-time dengan akurasi tinggi (Thiede, Sullivan, Damgrave, & Lutters, 2021). Teknologi ini tidak hanya mendukung pengambilan keputusan, tetapi juga menyediakan data untuk meningkatkan performa tim dan pengalaman penggemar (Samatas & Pachidis, 2022).

Menurut Kamble, Keskar, & Bhurchandi, (2019) menyatakan bahwa Algoritma DLBT 2D yang diusulkan sangat efisien tidak hanya untuk mendeteksi dan melacak bola tetapi juga untuk pemodelan yang diperlukan interaksi pemain bola. Hasil luar biasa diperoleh dibandingkan dengan pelacak kontemporer lainnya dalam hal PE dan IOU. Ketika yang lain gagal melacak objek kecil yang bergerak cepat, algoritma kami berhasil itu dengan mudah, dalam waktu yang wajar. Pendekatan yang diusulkan adalah hal baru dalam banyak hal. Pertama, kami mengusulkan pemodelan latar belakang baru metode menggunakan pemfilteran median. Kedua, tidak memerlukan pelatihan bahkan pada satu frame dari kumpulan data pengujian yang digunakan. Ketiga, algoritma kami menemukan bola sebenarnya tanpa campur tangan manusia di frame awal dan juga selanjutnya, tidak seperti semua algoritma lainnya. Keempat, algoritme kami dapat melacak bola yang keluar dari bingkai dan kembali lagi melanjutkan pelacakan. Terakhir, algoritma kami dapat memprediksi posisi bola untuk waktu yang wajar setelah pemain mana pun menutup bola. Deteksi bola 2D dapat diperluas untuk melacak bola dalam 3D ruang angkasa. Konstanta dan hyperparameter dapat diperoleh melalui pelatihan jaringan terlebih dahulu pada video olahraga. Kotak pembatas dapat dibuat adaptif menggunakan pembelajaran penguatan. Informasi semantik bisa diekstraksi dari rangkaian video.

Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis mendalam tentang cara kerja teknologi pelacakan bola dari sudut pandang elektronik. Studi ini memberikan wawasan yang lebih rinci tentang bagaimana sensor dan sistem pendukungnya bekerja untuk meningkatkan kualitas pertandingan sepakbola.

Teknologi ini tidak hanya mempercepat pengambilan keputusan wasit, tetapi juga memberikan transparansi lebih tinggi dalam pertandingan sepak bola. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada. Urgensi penelitian ini terlihat dari kebutuhan yang terus meningkat untuk memastikan keadilan dan integritas dalam olahraga global seperti sepakbola. Selain itu, teknologi yang diusulkan dapat diadaptasi untuk aplikasi lain di luar sepakbola, seperti olahraga lain atau bahkan sistem keamanan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis cara kerja sistem pelacakan bola menggunakan teknologi UWB dan IMU dalam konteks Piala Dunia FIFA Qatar 2022. Analisis ini diharapkan memberikan pemahaman komprehensif tentang implementasi teknologi tersebut dan potensi manfaatnya. Manfaat penelitian ini

mencakup kontribusi teoretis dan praktis. Dari segi teoretis, penelitian ini memperkaya literatur tentang teknologi dalam olahraga. Dari segi praktis, penelitian ini memberikan rekomendasi untuk implementasi teknologi serupa di berbagai bidang lain, baik dalam olahraga maupun di luar olahraga.

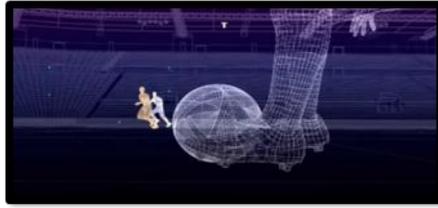
Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kualitatif dengan pendekatan tinjauan literatur (Susanto, Arini, Yuntina, Soehaditama, & Nuraeni, 2024; Waruwu, 2023). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem pelacakan bola yang digunakan dalam ajang FIFA World Cup Qatar 2022™, dengan fokus pada aspek elektronik dari teknologi yang terlibat. Penelitian ini mengandalkan sumber data sekunder yang diperoleh dari berbagai literatur yang relevan, termasuk publikasi terkait teknologi sensor dalam bola, sistem pelacakan posisi, serta implementasi teknologi dalam sepakbola. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini tidak bertujuan untuk menghasilkan angka atau data kuantitatif, melainkan untuk memberikan pemahaman mendalam mengenai penerapan teknologi dalam pertandingan sepakbola.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif dengan pendekatan tinjauan literatur yang memungkinkan penulis untuk merangkum, mengkritisi, dan menghubungkan berbagai sumber yang relevan (Pugu, Riyanto, & Haryadi, 2024). Sumber data yang digunakan meliputi artikel jurnal, laporan teknis, dan dokumen terkait lainnya yang mengulas teknologi pelacakan bola, sensor Ultra-Wideband (UWB), serta sistem yang digunakan dalam FIFA World Cup Qatar 2022™. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan informasi dari literatur yang relevan, yang kemudian dianalisis untuk memberikan gambaran yang jelas tentang cara kerja teknologi tersebut dalam konteks pertandingan sepakbola (Lefèvre, Moro, & Lachal, 2019).

Hasil dan Pembahasan

Untuk dapat melakukan pelacakan posisi bola secara real-time pada lapangan pertandingan, diperlukan sistem lokalisasi posisi di sekitar stadion. Hal ini dapat dibuat dengan memasang antena-antena yang nantinya akan menjadi anchors dalam penentuan posisi bola yang sedang dilacak. Instalasi anchors ini dibentuk oleh rata-rata 12 sampai 24 buah anchors yang dipasang di dalam stadion. Pemasangan anchors ini bisa dilakukan pada atap stadion, tribun penonton, dan juga bisa dipasang di sekitar area pertandingan (pinggir lapangan). Berikut merupakan visualisasi dari anchors dengan anchors ditandai sebagai titik kecil berwarna biru di sekitar tribun penonton dan pinggir lapangan



Gambar 5. Ilustrasi Anchors (Titik Biru)



Gambar 6. Anchor di Pinggir Lapangan

Sensor Inside the Ball

Komponen penting lainnya dalam sistem ini setelah anchor tadi yaitu sensor yang ada di dalam bola. Sensor ringan dengan berat 14 g ini terdiri dari sensor Ultra-Wideband (UWB) dan Inertial Measurement Unit (IMU). Dengan massa hanya sebesar 14 g saja, sensor ini tidak akan mempengaruhi efek-efek fisika dari bola itu sendiri. Hal ini juga bisa dicapai karena penempatan sensor dalam bola yang digunakan sudah mencapai keseimbangan massa dari bola tersebut. Sensor bola dari Kinexon ini diintegrasikan ke dalam bola menggunakan sistem suspensi yang telah dipatenkan oleh Adidas. Bola dengan sensor yang diintegrasikan menggunakan sistem suspensi Adidas tersebut dikenal juga sebagai Connected Ball Technology yang dikembangkan oleh FIFA bersama Adidas.



Gambar 7. Sensor dalam bola jarak menengah



Gambar .8. Sensor dalam bola jarak dekat

Cara kerja dari sensor dalam bola tersebut yaitu UWB akan membentuk jaringan komunikasi menggunakan frekuensi radio miliknya dengan anchors yang ada di dalam stadion untuk melacak bola secara real-time. IMU akan mengukur stimulus-stimulus dari luar yang diterima oleh bola seperti kecepatan bola, pergerakan bola, sentuhan dan tendangan yang diterima bola, atau metrik-metrik lainnya yang diperlukan. Data-data yang sudah diterima sensor tadi nantinya akan dikirim ke anchors menggunakan jaringan komunikasi UWB yang telah terbentuk sebelumnya. Dan proses penerimaan stimulus yang dialami bola tersebut oleh IMU memiliki refresh rate sebesar 400 kali per detik.

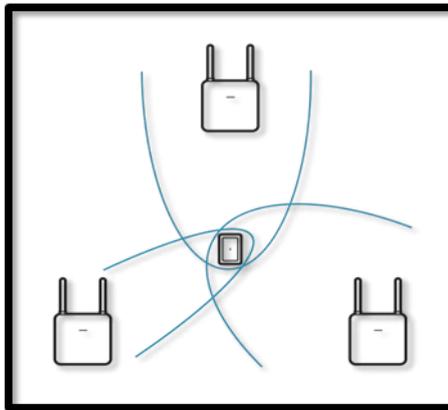
Tabel 1. Sensor Technical Specifications

<i>Tecnology</i>	<i>Ultra-Wideband (UWB)</i>
<i>Infrastructure</i>	<i>Local Positioning Systemby Kinexon (stationary installation)</i>
<i>Sensor</i>	<i>14 g UWB sensor including 9-axis gyro & accelerometer</i>
<i>System Components</i>	<i>xBall,charging pads, network infrastructure, Kinexon's Sports App</i>
<i>Certification</i>	<i>FIFA Quality Pro</i>
<i>Refresh Rate</i>	<i>400 Hz</i>
<i>Delay</i>	<i>20 ms</i>
<i>Accuracy</i>	<i>< 10 cm</i>
<i>Dimensions</i>	<i>3D (x, y, and z axis)</i>
<i>Power Supply</i>	<i>Wireless charging (2h charging time)</i>
<i>Possible Applications</i>	<i>Training and play(indoor and outdoor)</i>

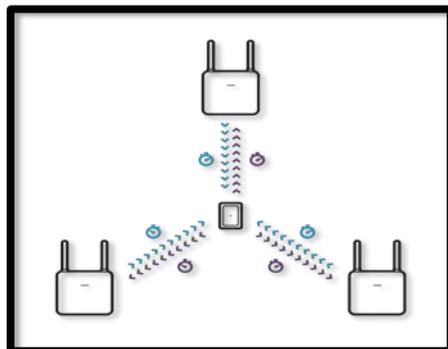
Positioning

Proses penentuan posisi bola dengan sensor di dalamnya yaitu menggunakan teknologi UWB. Teknologi UWB ini yang akan menjadi medium komunikasi data-data yang didapat dari sensor bola yang sedang digunakan. Dan proses ini berjalan dengan kecepatan 400 kali per detik sehingga membuat tingkat akurasi penentuan lokasi dari bola dapat berkisar di rentang kurang dari 10 cm.

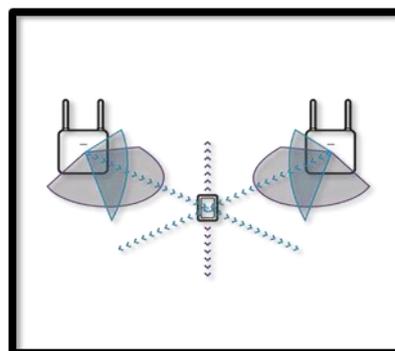
Untuk cara kerja penentuan posisi bola itu sendiri menggunakan teknik triangulasi. Triangulasi sendiri merupakan teknik penentuan lokasi berdasarkan tiga titik referensi yang berbeda. Teknik triangulasi yang dapat digunakan untuk menentukan posisi bola menggunakan sensor dari Kinexon bisa berupa Time-Difference of Arrival (TDoA), Two-Way Ranging (TWR), Angle of Arrival (AoA), dan Phase-Difference of Arrival (PDoA).



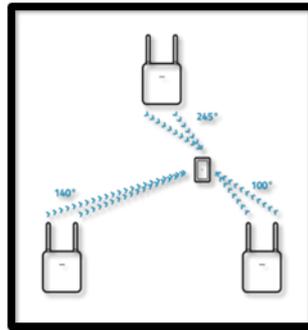
Gambar 9. TDoA



Gambar 10. TWR



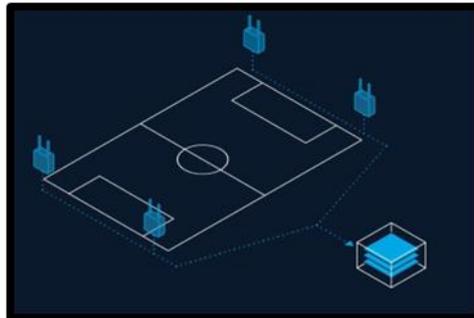
Gambar 11. AoA



Gambar 12. PDoA

Real-Time Data Processing

Setelah posisi bola dikalkulasi menggunakan teknik triangulasi oleh anchors yang ada, data-data yang didapat itu akan dikirimkan oleh anchors tadi ke bagian Location Engine (LE) tidak lebih dari 20 ms. Di LE, data-data tadi akan dikalkulasi oleh prosesor dengan bantuan kecerdasan buatan menjadi data-data metrik seperti kecepatan bola, panjang operan, atau dalam bentuk metrik kejadian seperti tendangan, operan, sentuhan, atau yang lainnya.



Gambar 13. Ilustrasi Pemrosesan Data

Automated Data Output & Visualization

Setelah data posisi didapatkan menggunakan teknologi UWB dan diproses di LE, data yang sudah diproses bisa diteruskan untuk keperluan lebih lanjut. Kinexon sendiri menawarkan dua opsi untuk penggunaan data yang sudah diproses tersebut.

Opsi pertama yaitu Kinexon's Sports App. Opsi ini akan menampilkan semua informasi yang didapat dalam bentuk data-data tabulasi dan juga dapat ditampilkan dalam bentuk visual yang terkustomisasi. Opsi pertama ini dapat digunakan oleh analis taktik, staf pelatih, atau staf atlet. Aplikasi ini dapat digunakan oleh analis taktik bersama dengan staf pelatih untuk meningkatkan performa tim saat bertanding dengan melihat data pergerakan pemain dengan atau tanpa bola, area-area permainan tim, pengukuran kecepatan, dan masih banyak lagi. Sedangkan untuk staf atlet dapat menggunakan aplikasi ini, digabungkan dengan solusi player

tracking dari Kinexon, untuk mengevaluasi performa pemain dari segi fisik dan atletiknya dalam situasi permainan seperti seberapa cepat pemain berlari dengan bola atau seberapa cepat reaksi pemain dalam satu situasi permainan.



Gambar 14. Kinexon Sports App

Opsi kedua yaitu raw data (posisi, laju putaran bola, atau data lainnya) dengan antarmuka untuk media yang real-time serta berlatensi rendah yang ditujukan untuk keperluan siaran langsung yang lebih menarik. Opsi ini juga dapat digunakan oleh perangkat pertandingan resmi untuk membuat visualisasi otomatis seperti Semi-Automated Offside Technology atau untuk keperluan Video Assistant Referee (VAR).



Gambar 15. Konsep Siaran Langsung dengan Metrik Data

Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisa ini dapat diambil kesimpulan bahwa teknologi bisa menjadi bagian integral dari perkembangan sepakbola agar sepakbola menjadi lebih sportif dan lebih baik lagi baik bagi pemain maupun penikmat sepakbola. Integrasi tersebut salah satunya bisa berupa sensor yang ada di dalam bola yang sudah diimplementasikan menggunakan sistem suspensi bola dari Adidas yang dikenal sebagai Connected Ball Technology, hasil pengembangan bersama dengan FIFA. Integrasi tersebut menghasilkan inovasi-inovasi baru yang dapat digunakan untuk pengembangan pemain sepakbola dan juga pengalaman dari penikmat sepakbola. Teknologi yang dapat digunakan untuk hal tersebut yaitu Ultra-Wideband (UWB) dan Inertial Measurement Unit (IMU). UWB baik digunakan

karena dapat memberikan kestabilan, jangkauan, dan performa yang cukup baik dalam hal pelacakan posisi tanpa gangguan yang berarti. Dan IMU baik digunakan karena dapat memberikan data-data metrik terkait untuk pengembangan permainan sepakbola.

BIBLIOGRAFI

- ARIFIN, PEBRIYANA. (2016). *INTERNATIONAL NON-GOVERNMENTAL SPORT ORGANIZATION DAN INTERVENSI NEGARA: MOTIF DI BALIK CAMPUR TANGAN AMERIKA SERIKAT DALAM SKANDAL FIFA 2015*. Universitas Airlangga.
- Beiderbeck, Daniel, Evans, Nicolas, Frevel, Nicolas, & Schmidt, Sascha L. (2023). The impact of technology on the future of football—A global Delphi study. *Technological Forecasting and Social Change*, 187, 122186.
- Glebova, Ekaterina, Gerke, Anna, & Book, Robert. (2023). The transformational role of technology in sports events. In *Sports management in an uncertain environment* (pp. 169–187). Springer.
- Hamilton, Alison B., & Finley, Erin P. (2019). Qualitative methods in implementation research: An introduction. *Psychiatry Research*, 280, 112516.
- Kamble, Paresh R., Keskar, Avinash G., & Bhurchandi, Kishor M. (2019). A deep learning ball tracking system in soccer videos. *Opto-Electronics Review*, 27(1), 58–69.
- Lefèvre, H., Moro, M. R., & Lachal, J. (2019). Research in adolescent healthcare: The value of qualitative methods. *Archives de Pédiatrie*, 26(7), 426–430.
- Patel, Bhagwati Charan, Sinha, G. R., & Goel, Naveen. (2020). Introduction to sensors. In *Advances in Modern Sensors: Physics, design, simulation and applications* (p. 1). IOP Publishing Bristol, UK.
- Persada, Yudha Bela, & Putra, Ranu Baskora Aji. (2020). Kajian E-Sport Dalam Ranah Olahraga. *Indonesian Journal for Physical Education and Sport*, 1(2), 588–596.
- Pugu, Melyana R., Riyanto, Sugeng, & Haryadi, Rofiq Noorman. (2024). *Metodologi Penelitian; Konsep, Strategi, dan Aplikasi*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Reza, Muhammad Farhan. (2020). *Sanksi Tindak Pidana Menyebarkan Informasi Orang Hobi Berjudi Bola Analisis Hukum Pidana Islam Dan Pasal 310 Kitab Undang-Undang Hukum Pidana (Studi Kasus Mahasiswa Fakultas Syari'ah Dan Hukum Universitas Islam Negeri Sumatera Utara)*. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Samatas, Gerasimos G., & Pachidis, Theodore P. (2022). Inertial measurement units (imus) in mobile robots over the last five years: A review. *Designs*, 6(1), 17.
- Sastra, Iwel. (2016). *Inspirasi Sukses Dari Sepak Bola*. Pustaka Alvabet.
- Susanto, Primadi Candra, Arini, Dewi Ulfah, Yuntina, Lily, Soehaditama, Josua Panatap, & Nuraeni, Nuraeni. (2024). Konsep Penelitian Kuantitatif: Populasi, Sampel, dan Analisis Data (Sebuah Tinjauan Pustaka). *Jurnal Ilmu Multidisplin*, 3(1), 1–12.
- Thiede, Sebastian, Sullivan, Brendan, Damgrave, Roy, & Lutters, Eric. (2021). Real-time locating systems (RTLS) in future factories: technology review, morphology and application potentials. *Procedia CIRP*, 104, 671–676.

- Waruwu, Marinu. (2023). Pendekatan penelitian pendidikan: metode penelitian kualitatif, metode penelitian kuantitatif dan metode penelitian kombinasi (Mixed Method). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1), 2896–2910.
- WIARTO, GIRI. (2020). *TEKNOLOGI DALAM OLAHRAGA*. Guepedia.
- Wibowo, Agus. (2023). Internet of Things (IoT) dalam Ekonomi dan Bisnis Digital. Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik, 1–94.
- Zulhidayat, Muhammad. (2018). Kewenangan Dan Peran Pemerintah Dalam Penyelenggaraan Komepetisi Sepak Bola Di Indonesia (the Authority and Role of Government in the Organizing of Football Competition in Indonesia). *JHR (Jurnal Hukum Replik)*, 6(2), 222–240.

Copyright holder:

Bambang Dwinanto, Mochamad karjadi (2025)

First publication right:

Syntax Admiration

This article is licensed under:

