

Pengendalian Kecepatan Tendangan Robot Sepak Bola Beroda Menggunakan Metode *Decision Tree*

Nur Hasyim As'ari¹, Agus Khumaidi², Rini Indarti³, Afif Zuhri Arfianto⁴, Ryan Yudha Aditya⁵, Hendro Agus Widodo⁶, Zindhu Maulana Ahmad Putra⁷, Dimas Pristovani Riananda⁸

e-mail: nurhasyim@student.ppns.ac.id, aguskhumaidi@ppns.ac.id, riniindarti@ppns.ac.id, afifzuhriarfianto@ppns.ac.id, ryanyudhaadhitya@ppns.ac.id, hendro.aw@ppns.ac.id, zindhu@ppns.ac.id, dimaspristovani@ppns.ac.id.

^{1,2,4,5}Jurusan Teknik Otomasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Indonesia

^{3,6,7,8}Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 20 Mei 2024

Direvisi 23 Juni 2024

Diterbitkan 31 Juli 2024

Kata kunci:

Decision Tree

Solenoid

Tendangan

YOLOv5

ABSTRAK

Dalam kategori robot sepak bola beroda di Indonesia, kemampuan utama yang harus dimiliki robot saat pertandingan adalah mencari, mengumpan, menggiring, dan menendang bola ke gawang. Dua tim bersaing untuk mencetak gol sebanyak mungkin ke gawang lawan dalam waktu yang ditentukan. Namun, keberhasilan setiap tendangan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kecepatan tendangan, sudut tendangan, dan upaya penghadangan dari robot lawan. Penelitian ini memberikan solusi dengan menggunakan metode decision tree sebagai strategi untuk mengumpan kawan dan menendang ke gawang. Pengambilan keputusan ditentukan oleh jarak robot kawan, jarak gawang, posisi penghalang gawang, dan posisi penghalang kawan. Robot penyerang dapat mendeteksi penghalang gawang dan penghalang kawan dengan metode YOLOv5, terbukti efektif dengan jarak deteksi maksimal 3 meter dan pencahayaan sekitar 300 lux, menghasilkan nilai confidence di atas 0.80. Penerapan metode decision tree untuk optimasi pengendalian kecepatan penendang menunjukkan tingkat keberhasilan 100% dengan rata-rata waktu respons 1,09 detik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi teknologi yang digunakan, yaitu sistem penendang berbasis solenoid, deteksi penghalang dengan YOLOv5, dan optimasi pengendalian kecepatan dengan decision tree, telah berhasil mencapai peningkatan performa robot penyerang.

ABSTRACT

In the wheeled soccer robot category in Indonesia, the main abilities that robots must have during a match are searching, passing, dribbling, and kicking the ball into the goal. Two teams compete to score as many goals as possible into the opponent's goal within a set time. However, the success of each kick is influenced by various factors such as kick speed, kick angle, and blocking attempts from the opponent's robot. This research provides a solution by using the decision tree method as a strategy to feed comrades and kick into the goal. Decision making is determined by the distance of the friendly robot, the distance of the goal, the position of the goal barrier, and the position of the friendly barrier. The attacking robot can detect goal barriers and friendly barriers with the YOLOv5 method, proving effective with a maximum detection distance of 3 meters and lighting around 300 lux, resulting in a confidence value above 80%. The application of the decision tree method for kicker speed control optimization showed a 100% success rate with an average

Keywords:

Decision Tree

Solenoid

Kick

YOLOv5



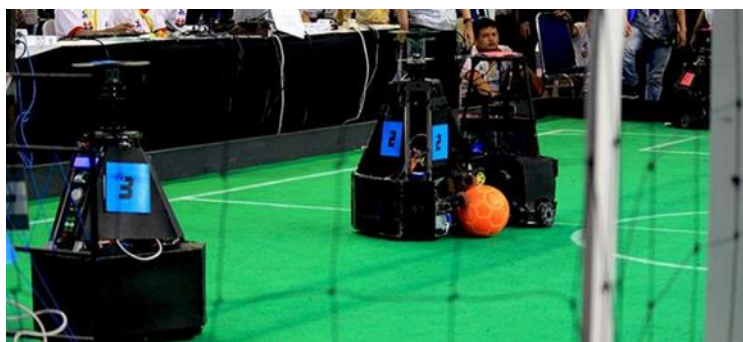
response time of 1.09 seconds. The results of this study show that the combination of the technologies used, namely the selenoid-based kicker system, obstacle detection with YOLOv5, and speed control optimization with decision tree, has successfully achieved improved performance of the attacking robot.

Penulis Korespondensi:

Nur Hasim As'ari
Jurusan Teknik Otomasi
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60111.
Email: nurhasyim@student.ppns.ac.id
Nomor HP/WA aktif: +62 815-1533-7313

1. PENDAHULUAN

Dalam kategori robot sepak bola beroda di Indonesia terlihat pada Gambar 1, terdapat aturan umum yang mirip dengan pertandingan sepak bola konvensional, meskipun ada penyesuaian khusus yang disesuaikan dengan teknologi dan mekanisme robot[1]. Dalam satu lapangan yang memiliki ukuran tertentu, dua tim saling berhadapan dengan tujuan utama untuk mencetak gol sebanyak mungkin ke gawang lawan. Tim yang berhasil membuat gol terbanyak dalam waktu yang telah ditentukan akan dinyatakan sebagai pemenangnya. Setiap tim terdiri dari tiga robot, di mana satu robot berfungsi sebagai penjaga gawang dan dua robot lainnya berperan sebagai pemain aktif di lapangan. Kedua tim secara intensif bersaing untuk menguasai bola, dengan usaha yang maksimal untuk mengejar dan menghadang satu sama lain, serupa dengan dinamika permainan sepak bola manusia yang terlihat pada Gambar 1. Pada awal pertandingan, robot-robot akan berusaha mengejar bola dan merebutnya dari lawan, kemudian bola tersebut akan diolah dan dipersiapkan untuk ditendang menuju gawang lawan[2]. Namun, keberhasilan dari setiap tendangan sangat bergantung pada berbagai faktor, termasuk kecepatan tendangan, sudut tendangan atau posisi bola saat ditendang, serta upaya penghadangan yang dilakukan oleh robot lawan di depan saat tendangan berlangsung. Berbagai elemen ini mempengaruhi tingkat akurasi dan kekuatan tendangan, menambah kompleksitas dalam strategi dan pelaksanaan permainan[3].



Gambar 1 Pertandingan Robot Sepak Bola Beroda

Pada Penelitian yang dilakukan sebelumnya dengan judul "Desain dan Implementasi Pengendalian Kecepatan dan Sudut Tendangan pada Robot Sepak Bola Beroda Menggunakan *Neural Network*" yang di tulis oleh Zainul Afif Cholidin mengulas tentang pengaturan kecepatan dan tinggi kaki penendang menggunakan pendekatan neural network. Penelitian ini menggunakan motor *stepper* untuk menggerakkan tuas yang di letakkan pada bagian tengah robot waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan tuas penendang sekitar 1,5 s[4]. Pada Penelitian yang dilakukan sebelumnya dengan judul " Pengembangan Desain Mekanik dan Elektrik Sistem Penendang Pada Robot Sepak Bola Beroda Dengan Metode Fuzzy Logic" yang ditulis oleh Fahreza Haqqi membahas tentang pengaturan PWM motor dan ketinggian kaki penendang. Penelitian iin menghasilkan tingkan keberhasilan membuat gol 93,75%[5]. Penelitian



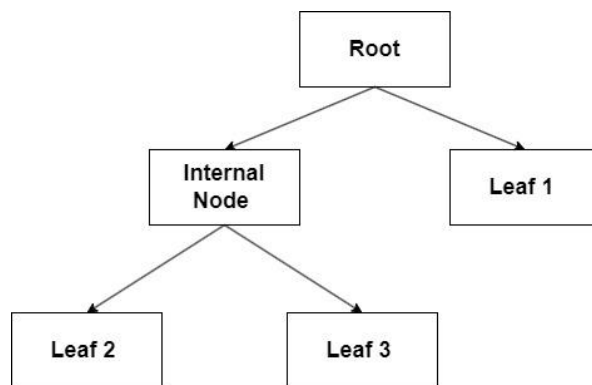
ini bertujuan untuk mengoptimalkan tendangan robot agar lebih baik dengan menggunakan metode decision tree berdasarkan parameter-parameter yang ada selama pertandingan. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jarak ke gawang, jarak ke rekan setim, penghalang gawang, dan penghalang lawan.

2. METODE PENELITIAN

2.2 Decision Tree

Decision Tree seperti terlihat pada Gambar 2 adalah suatu metode klasifikasi yang menggunakan struktur pohon, di mana setiap node mewakili atribut, cabangnya mewakili nilai dari atribut tersebut, dan daun-daunnya digunakan untuk merepresentasikan kelas. Node teratas dari decision tree ini disebut root. Ada banyak algoritma yang dapat digunakan dalam pembentukan pohon keputusan, antara lain ID3, C4.5, dan CART[6].

Konsep dari pohon keputusan adalah mengubah data menjadi struktur pohon keputusan dan aturan-aturan keputusan seperti pada Gambar 2 Pohon keputusan merupakan kumpulan aturan if-then, di mana setiap jalur dalam pohon dihubungkan dengan sebuah aturan[7]. Premis aturan ini terdiri dari serangkaian node percabangan yang ditemui sepanjang jalur, sedangkan kesimpulan dari aturan tersebut terdiri dari kelas yang dihubungkan dengan daun pada akhir jalur.



Gambar 2 Contoh Pohon Keputusan

Keterangan :

- Root = Akar pohon keputusan
- Internal Node = Node yang masih memiliki simpul turunan
- Leaf = Node yang paling bawah dan tidak memiliki simpul turunan

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan algoritma ID3 (Iterative Dichotomiser 3). Untuk menentukan pohon keputusan, diperlukan perhitungan entropy untuk pemilihan atribut yang akan menjadi node. Rumus untuk Perhitungan *Entropy* dan *Gain* dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$p_{i_n} = -p_i * \log_2 p_i \tag{1}$$

$$Entropy(s) = \sum_{i=1}^n p_i * \log_2 p_i$$

$$Gain = Entropy(total) - \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} * Entropy S_i$$

Dimana :

- S = himpunan kasus
- n = jumlah partisi
- pi = proporsi dari Si terhadap S

Setelah didapatkan nilai entropy setiap himpunan, maka akan diurutkan dari hasil nilai entropy tertinggi hingga terkecil untuk dijadikan node dalam sebuah pohon keputusan.



2.3 Deteksi Objek

Deteksi objek adalah salah satu bidang dalam pengolahan citra dan visi komputer yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan melokalisasi objek-objek tertentu dalam sebuah gambar atau video. Metode ini memiliki berbagai aplikasi penting, mulai dari pengawasan keamanan, kendaraan otonom, hingga analisis citra medis[8]. Pendekatan tradisional dalam deteksi objek menggunakan teknik seperti pengolahan fitur dan pengklasifikasian berbasis fitur. Misalnya, metode Viola-Jones yang terkenal untuk deteksi wajah menggunakan kombinasi fitur Haar dan pengklasifikasian kaskade. Meskipun metode ini cukup efektif, mereka memiliki keterbatasan dalam mendeteksi objek dalam kondisi yang sangat bervariasi atau dalam gambar yang kompleks[9].

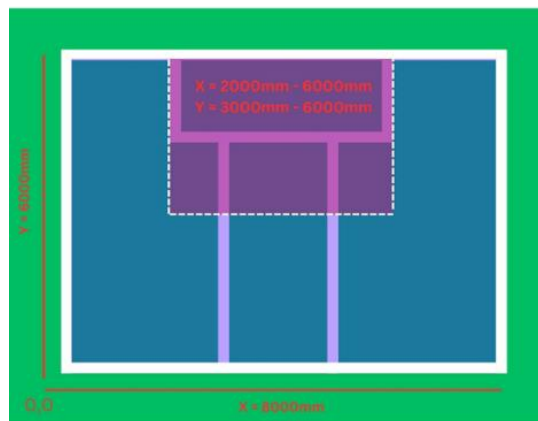
Dengan berkembangnya teknologi pembelajaran mendalam (deep learning), deteksi objek telah mengalami peningkatan yang signifikan dalam akurasi dan keandalan. Model-model seperti R-CNN (Regions with Convolutional Neural Networks), YOLO (You Only Look Once), dan SSD (Single Shot MultiBox Detector) telah menjadi standar dalam deteksi objek. Model-model ini menggunakan jaringan saraf konvolusional (Convolutional Neural Networks, CNN) untuk mengekstraksi fitur dari gambar dan mendeteksi objek secara langsung[10].

2.4 Jarak Gawang

Jarak gawang didapatkan dari perhitungan menggunakan persamaan (2),

$$S_{gawang} = (\text{panjang lapangan}) - (\text{pos } Y_{robot}) \tag{2}$$

Jika nilai S_{gawang} lebih besar dari 3000mm, maka jarak gawang akan dikategorikan sebagai "jauh". Sebaliknya, jika S_{gawang} lebih kecil atau sama dengan 3000mm, maka jarak gawang akan dikategorikan sebagai "dekat". Range Y robot yang memenuhi kategori gawang lawan "dekat" adalah Y robot = 3000 – 6000mm. Sementara itu, range X robot yang memenuhi kategori "dekat" adalah X robot = 2000 – 6000mm gawang seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Ilustrasi Jarak Gawang

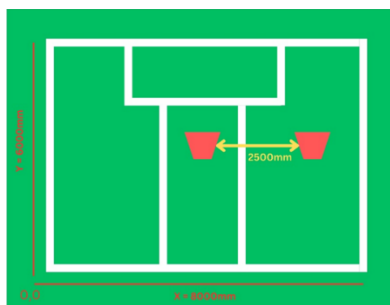
2.5 Jarak Kawan

Jarak kawan didapatkan dari perhitungan sebagai berikut:

$$S_{robot\ kawan} = \sqrt{(X_{robot2} - X_{robot1})^2 + (Y_{robot2} - Y_{robot1})^2} \tag{3}$$

Jika hasil $S_{robot\ kawan}$ lebih besar dari 3000mm, maka jarak robot kawan akan dikategorikan sebagai "jauh". Sebaliknya, jika $S_{robot\ kawan}$ lebih kecil dari atau sama dengan 3000mm, maka jarak robot kawan akan dikategorikan sebagai "dekat". Jarak kawan dapat dilihat seperti pada Gambar 4.

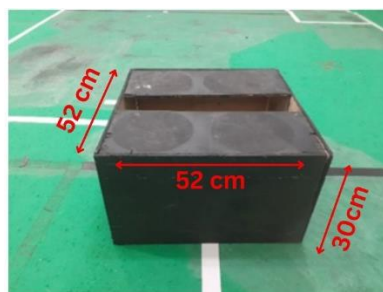




Gambar 4 Ilustrasi Jarak Kawan

2.6 Penghalang

Penghalang merupakan dummy dengan ukuran 52×52 cm dan tinggi 30 cm berwarna hitam. Ukuran dummy ini disesuaikan dengan peraturan kontes robot sepak bola beroda wilayah pada tahun 2024. Penghalang ini dibuat sebagai rintangan agar situasi pertandingan sepak bola dapat direplikasi semirip mungkin. Dummy ini akan berfungsi sebagai penghalang arah gawang dan penghalang arah kawan. Dummy diletakkan dengan jarak 1 meter dari robot Deteksi dummy dilakukan menggunakan kamera omnivision.

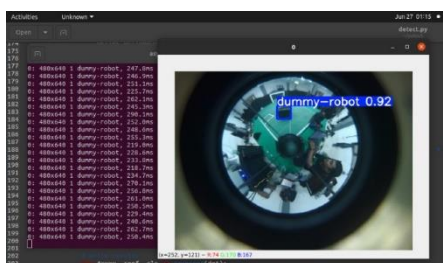


Gambar 5 Penghalang Gawang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Deteksi Penghalang

Pengujian deteksi penghalang dilakukan untuk mengukur kemampuan sistem dalam mendeteksi objek pada berbagai jarak. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat mendeteksi keberadaan penghalang dengan akurasi yang baik pada berbagai jarak yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan mendeteksi dummy seperti pada Gambar 3.1 yang dikategorikan sebagai penghalang menggunakan Metode YOLOv5. sistem mampu mendeteksi objek penghalang pada semua jarak yang diuji, mulai dari 500 mm hingga 3000 mm dengan nilai confidence diatas 0.80.



Gambar 4 Deteksi Penghalang



Tabel 1 Hasil Deteksi Penghalang

No	Jarak (mm)	Keterangan	Nilai <i>Convience</i>
1	500	Terdeteksi	0.92
2	1000	Terdeteksi	0.90
3	1500	Terdeteksi	0.92
4	2000	Terdeteksi	0.91
5	2500	Terdeteksi	0.90
6	3000	Terdeteksi	0.88

3.2 Dataset Pengambilan Keputusan

Pada penelitian ini, algoritma yang digunakan adalah Iterative Dichotomizer 3 (ID3). Algoritma ID3 adalah algoritma pembelajaran pohon keputusan yang melakukan pencarian secara menyeluruh pada semua kemungkinan pohon keputusan. Algoritma ini menggunakan perhitungan entropy dan gain untuk pemilihan atribut yang akan menjadi node dalam pohon keputusan. Dalam hal ini, dataset digunakan untuk mengetahui semua kemungkinan yang akan terjadi pada pertandingan Kontes Robot Sepak Bola Beroda (KRSB-B). Selanjutnya, nilai entropy dan gain dihitung untuk semua kemungkinan tersebut guna membentuk sebuah pohon keputusan. Kemungkinan kondisi yang terjadi pada pertandingan KRSB-B ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kemungkinan Kondisi Pada Pertandingan KRSB-B

NO	Gawang	Kawan	Penghalang Arah Gawang	Penghalang arah kawan	Keputusan
1	Dekat	Dekat	Tidak ada	Tidak ada	Tendang gawang mendatar pelan
2	Dekat	Dekat	Tidak ada	Ada	Tendang gawang mendatar pelan
3	Dekat	Dekat	Ada	Tidak ada	Umpan kawan mendatar pelan
4	Dekat	Dekat	Ada	ada	Tendang gawang lambung pelan
5	Dekat	Jauh	Tidak ada	Tidak ada	Tendang gawang mendatar pelan
6	Dekat	Jauh	Tidak ada	Ada	Tendang gawang mendatar pelan
7	Dekat	Jauh	Ada	Tidak ada	Umpan kawan mendatar cepat
8	Dekat	Jauh	Ada	Ada	Tendang gawang lambung pelan
9	Jauh	Dekat	Tidak Ada	Tidak ada	Tendang gawang mendatar cepat
10	Jauh	Dekat	Tidak ada	Ada	Tendang gawang mendatar cepat
11	Jauh	Dekat	Ada	Tidak ada	Umpan kawan mendatar pelan
12	Jauh	Dekat	Ada	Ada	Tendang gawang lambung cepat
13	Jauh	Jauh	Tidak ada	Tidak Ada	Tendang gawang mendatar cepat
14	Jauh	Jauh	Tidak ada	Ada	Tendang gawang mendatar cepat



NO	Gawang	Kawan	Penghalang Arah Gawang	Penghalang arah kawan	Keputusan
15	Jauh	Jauh	Ada	Tidak ada	Umpan kawan mendatar cepat
16	Jauh	Jauh	Ada	Ada	Tendang gawang lambung cepat

3.3 Hasil Perhitungan Entropy dan Gain

Hasil nilai gain terbesar akan dijadikan node utama atau root node dalam struktur pohon keputusan yang digunakan untuk analisis data dalam penelitian ini. Nilai gain digunakan untuk mengukur seberapa baik suatu atribut dapat membagi data, dengan nilai gain yang lebih tinggi menunjukkan bahwa atribut tersebut memberikan informasi yang lebih signifikan dalam pengklasifikasian data. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, nilai gain terbesar ditemukan pada atribut penghalang gawang. Ini menunjukkan bahwa keberadaan atau ketiadaan penghalang gawang memberikan informasi yang paling berarti dalam membagi data menjadi kelompok yang lebih homogen. Oleh karena itu, atribut penghalang gawang dipilih sebagai node utama atau root node dalam pohon keputusan ini, karena mampu mengurangi ketidakpastian (entropy) secara signifikan dan memberikan struktur yang lebih jelas dalam analisis. Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan entropy dan gain node pertama, di mana atribut penghalang gawang menonjol dengan nilai gain tertinggi, mengonfirmasi pentingnya atribut ini dalam membentuk dasar analisis keputusan yang lebih akurat.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Entropy dan Gain Node Pertama

Node	Atribut	Keterangan	Jumlah Kasus	Umpan Kawan Mendatar Pelan	Umpan Kawan Mendatar Cepat	Tendang Gawang Mendatar Pelan	Tendang Gawang Mendatar Cepat	Tendang Gawang Lambung Pelan	Tendang Gawang Lambung Cepat	Entropy	Gain
I	Total		16	2	2	4	4	2	2	2.5	
	Gawang										0.75
		Dekat	8	1	1	4	0	2	0	1.75	
		Jauh	8	1	1	0	4	0	2	1.75	
	Kawan										0.25
		Dekat	8	2	0	2	2	1	1	2.25	
		Jauh	8	0	2	2	2	1	1	2.25	
	Penghalang Gawang										1
		Tidak ada	8	0	0	4	4	0	0	1	
		Ada	8	2	2	0	0	2	2	2	
	Penghalang Kawan										0.5



Node	Atribut	Keterangan	Jumlah Kasus	Umpan Kawan Mendatar Pelan	Umpan Kawan Mendatar Cepat	Tendang Gawang Mendatar Pelan	Tendang Gawang Mendatar Cepat	Tendang Gawang Lambung Pelan	Tendang Gawang Lambung Cepat	Entropy	Gain
		Tidak ada	8	2	2	2	2	0	0	2	
		Ada	8	0	0	2	2	2	2	2	

Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan entropy dan gain node kedua. Untuk menentukan node kedua, terjadi kebetulan yang menarik karena nilai gain antara atribut jarak gawang dan jarak kawan memiliki nilai yang sama. Hal ini menimbulkan fleksibilitas dalam pemilihan atribut untuk node kedua. Dalam hal ini, kita dapat menggunakan logika OR antara jarak gawang dan jarak kawan untuk menentukan node kedua, karena keduanya memiliki tingkat kepentingan yang setara berdasarkan perhitungan gain. Dengan demikian, node kedua dapat dipilih dari salah satu atribut tersebut tanpa kehilangan keakuratan analisis data.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Entropy dan Gain Node kedua

Node	Atribut	Keterangan	Jumlah Kasus	Umpan Kawan Mendatar Pelan	Umpan Kawan Mendatar Cepat	Tendang Gawang Mendatar Pelan	Tendang Gawang Mendatar Cepat	Tendang Gawang Lambung Pelan	Tendang Gawang Lambung Cepat	Entropy	Gain
II	Total		8	0	0	4	4	0	0	1	
	Penghalang Gawang	Tidak ada									
	Gawang										0.5
		Dekat	4	0	0	4	0	0	0	0.5	
		Jauh	4	0	0	0	4	0	0	0.5	
	Kawan										0
		Dekat	4	0	0	2	2	0	0	1	
		Jauh	4	0	0	2	2	0	0	1	
	Penghalang Kawan										0
		Tidak ada	4	0	0	2	2	0	0	1	
		Ada	4	0	0	2	2	0	0	1	

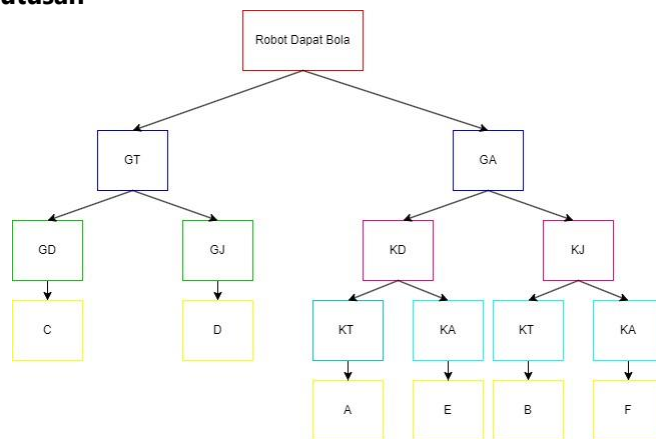


Selanjutnya, untuk node ketiga, perhitungan lebih lanjut menunjukkan bahwa atribut penghalang gawang kembali memiliki nilai gain yang signifikan. Berdasarkan hal ini, atribut penghalang gawang dipilih sebagai node ketiga dalam pohon keputusan. Pemilihan atribut-atribut ini berdasarkan perhitungan nilai gain bertujuan untuk memastikan bahwa pohon keputusan yang dihasilkan memiliki kemampuan terbaik dalam memprediksi hasil yang diinginkan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Proses pemilihan ini juga mencerminkan pentingnya setiap atribut dalam kontribusinya terhadap struktur dan hasil akhir analisis data dalam penelitian ini. Dengan demikian, struktur pohon keputusan yang dihasilkan menjadi lebih robust dan dapat diandalkan untuk digunakan dalam berbagai aplikasi analisis data lanjutan. Tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan entropy dan gain node ketiga.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Entropy dan Gain Node ketiga

Node	Atribut	Keterangan	Jumlah Kasus	Umpan Kawan Mendatar Pelan	Umpan Kawan Mendatar Cepat	Tendang Gawang Mendatar Pelan	Tendang Gawang Mendatar Cepat	Tendang Gawang Lambung Pelan	Tendang Gawang Lambung Cepat	Entropy	Gain	
III	Gawang Dekat		4	0	0	4	0	0	0	0.5	0	
		Kawan										
		Dekat	2	0	0	2	0	0	0	0.5		
		Jauh	2	0	0	2	0	0	0	0.5		
	Penghalang Kawan											
		Tidak ada	2	0	0	2	0	0	0	0.5		
	Ada	2	0	0	2	0	0	0	0.5			

3.4 Menentukan Pohon Keputusan



Gambar 5 Pohon Keputusan

Keterangan singkatan kode angka pada Gambar 3.5 adalah sebagai berikut:

GD = Gawang Dekat (1)

GH = Gawang Jauh (2)



- KD = Kawan Dekat (3)
- KJ = Kawan Jauh (4)
- GT = Penghalang Gawang Tidak Ada (5)
- GA = Penghalang Gawang Ada (6)
- KT = Penghalang Kawan Ada (7)
- KA = Penghalang Kawan Ada (8)
- A = Umpan Kawan Mendatar Pelan
- B = Umpan Kawan Mendatar Cepat
- C = Tendang Gawang Mendatar Pelan
- D = Tendang Gawang Mendatar Cepat
- E = Tendang Gawang Lambung Pelan
- F = Tendang Gawang Lambung Cepat

3.5 Rules Decision Tree

Setelah pohon keputusan dibuat, langkah selanjutnya adalah mengubah data dari pohon keputusan atau decision tree menjadi aturan-aturan keputusan (*rules*). Dalam penelitian ini, aturan-aturan atau *rules* keputusan ditunjukkan pada Tabel 5. Dari dataset seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6, yang menunjukkan semua kemungkinan yang akan terjadi pada pertandingan kontes robot sepak bola beroda, didapatkan 6 aturan yang diperoleh dari proses perhitungan *entropy* dan *gain*. Aturan-aturan ini digunakan sebagai acuan pemrograman pada robot dalam penelitian ini.

Tabel 6. Rules Decision T

No	Kondisi	Keputusan
1	Jika penghalang gawang tidak ada, dan gawang dekat	Tendang Gawang mendatar Pelan
2	Jika penghalang gawang tidak ada, dan gawang jauh	Tendang Gawang Mendatar Cepat
3	Jika penghalang gawang ada, kawan dekat, dan penghalang gawang tidak ada	Umpan Kawan Mendatar Pelan
4	Jika penghalang gawang ada, kawan dekat, dan penghalang gawang ada	Tendang Gawang Lambung pelan
5	Jika penghalang gawang ada, kawan jauh, dan penghalang gawang tidak ada	Umpan Kawan Mendatar Cepat
6	Jika penghalang gawang ada, kawan jauh, dan penghalang gawang ada	Tendang Gawang Lambung Cepat

3.6 Pengujian Decision Tree

Setelah semua proses perhitungan keputusan dilakukan dan didapatkan hasil aturan-aturan yang akan digunakan robot untuk membuat keputusan, pengujian dari semua aturan dilakukan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan kesesuaian robot dalam membuat keputusan serta tindakan sesuai dengan aturan-aturan yang ada, dan waktu yang dibutuhkan robot dalam menentukan keputusan serta melaksanakan tindakan sesuai keputusan tersebut. Berdasarkan analisis Tabel 7, dapat disimpulkan bahwa decision tree yang digunakan dalam pengujian ini berhasil menghasilkan keputusan yang adaptif dan tepat di berbagai kondisi. Setiap skenario yang diuji menunjukkan tingkat keberhasilan 100%, dengan rata-rata waktu pengambilan keputusan yang efisien sebesar 1,09 detik. Ini menunjukkan bahwa robot mampu beradaptasi



dengan kondisi lingkungan yang kompleks, seperti adanya penghalang di gawang atau kawan, serta variasi jarak, tanpa mengorbankan kecepatan dan akurasi dalam mengambil keputusan.



Gambar 6 Pengujian *decision tree*

Tabel 7 Data Hasil Pengujian *Decision Tree*

NO	Jarak Gawang (mm)	Jarak Kawan (mm)	Penghalang Gawang	Penghalang Kawan	Keputusan	Pengujian	Berhasil	Rata – rata waktu (s)
1	2400	1500	Tidak Ada	Ada	Tendang Gawang Mendatar Pelan	3x	3	1.05
2	5500	3000	Tidak Ada	Ada	Tendang Gawang Mendat Cepat	3x	3	1.11
3	3000	2000	Ada	Tidak Ada	Umpan Kawan Mendatar Pelan	3x	3	1.21
4	2800	1800	Ada	Ada	Tendang Gawang Lambung Pelan	3x	3	1.04
5	3500	4500	Ada	Tidak Ada	Umpan Kawan mendatar Cepat	3x	3	1.02
6	4000	3500	Ada	Ada	Tendang Lambung Gawang Cepat	3x	3	1.11
Presentase keberhasilan dan total rata-rata waktu							100%	1.09

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

Robot penyerang yang dirancang dalam penelitian ini mampu mendeteksi keberadaan penghalang gawang dan penghalang kawan dengan memanfaatkan metode YOLOv5. Metode ini terbukti efektif dalam pengujian, dengan jarak deteksi maksimal mencapai 3 meter dan nilai pencahayaan sekitar 300 lux. Penghalang dapat terdeteksi dengan baik, ditunjukkan dengan nilai confidence yang konsisten di atas 0.80.



Hal ini menegaskan bahwa metode YOLOv5 sangat andal dalam mendeteksi objek pada jarak yang cukup jauh dan dalam kondisi pencahayaan yang memadai, yang merupakan aspek penting untuk memastikan navigasi yang akurat dan penghindaran penghalang selama pertandingan.

Penerapan metode decision tree untuk optimasi pengendalian kecepatan penendang menunjukkan hasil yang sangat memuaskan. Metode ini memiliki tingkat keberhasilan 100% dalam pengendalian kecepatan, dengan rata-rata waktu respons sebesar 1.09 detik. Hal ini menunjukkan bahwa metode decision tree sangat efektif dalam mengoptimalkan kecepatan penendang, memungkinkan penyesuaian yang cepat dan tepat dalam berbagai situasi permainan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Suryawan, "Rancang Bangun Robot Sepak Bola Berbasis Android," *J. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, p. 57, 2020, doi: 10.22441/jtm.v9i1.7992.
- [2] S. Pegas, S. Pneumatik, S. Solenoid, and S. Pneumatik, "Mekanisme penendang pada robot sepakbola beroda".
- [3] B. Kusumoputro *et al.*, "Buku Pedoman Kontes Robot Indonesia (Kri) Tahun 2023," pp. 1–150, 2023.
- [4] Z. Abidin, "Perancangan Kicker Berbasis Solenoid dengan ZVS Boost Konverter untuk Robot Sepak Bola Beroda," pp. 150–154, 2023.
- [5] K. Cahyono, I. K. Wibowo, and M. M. Bachtiar, "A New kicker system of wheeled soccer robot ersow using fuzzy logic method," *IES 2020 - Int. Electron. Symp. Role Auton. Intell. Syst. Hum. Life Comf.*, pp. 219–225, 2020, doi: 10.1109/IES50839.2020.9231882.
- [6] W. Darmawan, M. Basuki Rahmat, A. Khumaidi, R. Yudha Adhitya, and D. Pristovani Riananda, "Perancangan Strategi Keputusan Robot Sepak Bola Beroda menggunakan Metode Decision Tree," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 175–182, 2023, doi: 10.33795/elkolind.v10i2.3020.
- [7] F. Dwi Meliani Achmad, Budanis, Slamet, "Klasifikasi Data Karyawan Untuk Menentukan Jadwal Kerja Menggunakan Metode Decision Tree," *J. IPTEK*, vol. 16, no. 1, pp. 18–23, 2012, [Online]. Available: <http://jurnal.itats.ac.id/wp-content/uploads/2013/06/3.-BUDANIS-FINAL-hal-17-23.pdf>
- [8] M. I. Moha *et al.*, "Implementasi Kamera 360 Derajat Untuk Mendeteksi Objek Pada Robot Sepak Bola Beroda," *J. Tek. Inform.*, vol. 14, no. 3, pp. 321–328, 2019.
- [9] K. Khairunnas, E. M. Yuniarno, and A. Zaini, "Pembuatan Modul Deteksi Objek Manusia Menggunakan Metode YOLO untuk Mobile Robot," *J. Tek. ITS*, vol. 10, no. 1, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i1.61622.
- [10] T. P. Vogels, K. Rajan, and L. F. Abbott, "Neural network dynamics," *Annu. Rev. Neurosci.*, vol. 28, pp. 357–376, 2005, doi: 10.1146/annurev.neuro.28.061604.135637.

