

**IMPLEMENTASI SIMULATOR DAN *PATH PLANNING* PADA
SISTEM KONTROL *BASE STATION* ROBOT
SEPAK BOLA BERODA**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Pada Prodi Teknik Informatika



OLEH:

LULUK INDAH SAFITRI
NPM: 19.1.03.02.0031

FAKULTAS TEKNIK (FT)

UNIVERSITAS NUSANTARA PERSATUAN GURU REPUBLIK INDONESIA

UN PGRI KEDIRI

2023

Skripsi oleh:

LULUK INDAH SAFITRI

NPM: 19.1.03.02.0031

Judul:

IMPLEMENTASI SIMULATOR DAN *PATH PLANNING* PADA

SISTEM KONTROL *BASE STATION* ROBOT

SEPAK BOLA BERODA

Telah disetujui untuk diajukan Kepada
Panitia Ujian/Sidang Skripsi Prodi Teknik informatika
FT UN PGRI Kediri


Tanggal: 24 Juli 2023

Pembimbing I



Julian Sahertian, S.Pd., M.T
NIDN. 0707079001

Pembimbing II



Danang Wahyu Widodo, S.P., M.Kom
NIDN. 0720117501

Skripsi oleh:

LULUK INDAH SAFITRI
NPM: 19.1.03.02.0031

Judul:

**IMPLEMENTASI SIMULATOR DAN *PATH PLANNING* PADA
SISTEM KONTROL *BASE STATION* ROBOT
SEPAK BOLA BERODA**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian/Sidang Skripsi
Prodi Teknik Informatika Fakultas Teknik
Universitas Nusantara PGRI Kediri
Pada Tanggal: 24 Juli 2023

Dan Dinyatakan telah Memenuhi Persyaratan

Panitia Penguji:

1. Ketua : Julian Sahertian, S.Pd., M.T
2. Penguji I : Patmi Kasih, M.Kom
3. Penguji II : Made Ayu Dusea Widyadara, M.Kom



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Survo Widodo, M.Pd.
NIP: 19640202 199103 1 002

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya,

Nama : Luluk Indah Safitri
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat/Tanggal Lahir : Kediri / 11 April 1999
NPM : 19.1.03.02.0031
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik / Teknik Informatika

menyatakan dengan sebenarnya, bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, 10 Juli 2023
Yang Menyatakan



LULUK INDAH SAFITRI
NPM: 19.1.03.02.0031

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Dirimu masih hancur, uangmu masih sedikit, orang tuamu belum kau bahagiakan, lalu mengapa kamu ingin memiliki seseorang? Sedangkan mengurus diri sendiri saja belum bisa”

(Najwa Shihab)

“Wer rastet, der rostet!”

(Unknown)

“Ketika lelah beribadah, ingatlah bagaimana hebatnya Allah mengabulkan segala harapan yang mustahil kau gapai”

(Luluk Indah S.)

Kupersembahkan karya ini untuk:

1. Komunitas Robotik Universitas Nusantara PGRI Kediri.
2. Keluarga dan semua orang yang menemani dan mendampingi dalam pembuatan skripsi ini.

ABSTRAK

Luluk Indah Safitri Implementasi Simulator dan *Path Planning* Pada Sistem Kontrol *Base Station* Robot Sepak Bola Beroda, Skripsi, Universitas Nusantara PGRI Kediri, 2023.

Kata kunci: perencanaan jalur, simulator, *A star*, *Best-First Search*, *Dijkstra*

Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda (KRSBI-B) merupakan kompetisi robotika yang melibatkan keterampilan dalam penyusunan strategi pada robot, sistem navigasi robot, serta perencanaan jalur pada robot. Penelitian ini membahas implementasi algoritma *path planning* untuk perencanaan jalur pada robot sepak bola beroda yang sebelumnya tidak dimiliki tim Abimanyu Universitas Nusantara PGRI Kediri yang mengikuti kompetisi tersebut. Algoritma yang diimplementasikan yaitu *A star*, *Dijkstra*, dan *Best-First Search*. Simulator diperlukan untuk mempermudah perencanaan jalur sebelum diterapkan secara langsung pada robot, simulator berfungsi untuk menyimulasikan dan membandingkan hasil *path planning* dari ketiga algoritma. Simulator ini yang diimplementasikan pada *base station* milik tim Abimanyu.

Pengujian pada penelitian ini memperoleh hasil berupa *Best-First Search* yang memiliki efisiensi terbaik pada seluruh kondisi map berukuran *grid* 32px, yaitu 9.48 pada *empty map*, 7.86 pada *simple map*, 27.33 pada *random map*. Sedangkan pada lapangan dengan ukuran *grid* 8px, *A star* memiliki efisiensi terbaik pada *empty map* sebesar 41.16, sedangkan pada kondisi *simple map* dan *random map*, efisiensi terbaik diperoleh algoritma *Best-First Search* sebesar 13.46 dan 12.36 dengan jarak tempuh lebih panjang dibandingkan *A star* dan *Dijkstra*. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa *Best-First Search* hanya efisien pada lapangan dengan sedikit *grid*, sedangkan algoritma *A star* menghasilkan jarak tempuh yang lebih baik dan optimal pada jenis *map* apapun dengan efisiensi yang lebih baik dari *Dijkstra*, sehingga lebih fleksibel untuk diterapkan pada berbagai kondisi lapangan.

Berdasarkan hasil dan kesimpulan penelitian, disarankan untuk: (1) Mengembangkan algoritma agar dapat diterapkan pada kondisi lapangan yang dinamis (2) Mengirimkan hasil *path planning* dari simulator ke robot (3) *path planning* dapat diterapkan pada kedua robot *striker* (4) menambahkan fungsi untuk menentukan arah hadap robot.

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah hanya kepada Allah SWT. Telah dilalui masa dimana rasa jenuh dan kurang tidur akibat mengerjakan dua artikel, laporan skripsi, dan mengikuti pelatihan kerja dalam waktu bersamaan. Pada akhirnya rampung sudah semua tugas yang dipertanggung jawabkan, dengan hasil yang diusahakan semaksimal mungkin.

Berkat adanya dukungan dari berbagai pihak, pada kesempatan ini diucapkan terimakasih dari hati yang terdalam dan setulus-tulusnya kepada:

1. Dr. Zainal Afandi, M.Pd selaku Rektor Universitas Nusantara PGRI Kediri.
2. Dr. Suryo Widodo, M.Pd selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Nusantara PGRI Kediri.
3. Ahmad Bagus Setiawan, S.T., M.Kom., M.M. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Nusantara PGRI Kediri.
4. Julian Sahertian, S.Pd., M.T. selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan, saran, serta usulan topik yang diberikan.
5. Danang Wahyu Widodo, S.P., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan serta saran dalam penulisan skripsi yang telah dibuat
6. Segenap Dosen Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
7. Kedua orang tua, saudara, serta seluruh keluarga besar penulis yang telah memberikan *support*, doa, serta kasih sayang yang selalu tercurah.
8. Seluruh teman diskusi yang membantu penulis untuk menemukan jalan keluar dalam kerumitan program maupun kerumitan pikiran.

9. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu menyelesaikan skripsi ini.

Disadari bahwa skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan, maka diharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikan agar skripsi ini dapat diterapkan dengan baik di lapangan serta dikembangkan lebih lanjut lagi.

Kediri, 10 Juli 2023

LULUK INDAH SAFITRI
NPM: 19.1.03.02.0031

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Rumusan Masalah	3
D. Batasan Masalah.....	3
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat dan Kegunaan Penelitian.....	5
G. Metode Penelitian.....	5
H. Jadwal Penelitian.....	7
I. Sistematika Penulisan Laporan.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
A. Landasan Teori	10

B. Kajian Pustaka.....	17
BAB III PERANCANGAN SISTEM.....	20
A. Analisa Permasalahan.....	20
B. Sistem Yang Diusulkan	21
C. Desain Sistem (Arsitektur)	23
D. Desain Antar Muka.....	29
BAB IV IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN	33
A. Implementasi Program.....	33
B. Pengujian Sistem	36
C. Hasil Uji Coba	45
D. Analisa Hasil Uji Coba.....	49
BAB V PENUTUP	51
A. Kesimpulan.....	51
B. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	56
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1.1 : Metode Waterfall.....	6
2.1 : Lapangan Pada Base Station	12
2.2 : Contoh Algoritma Path Planning (Zhang Et Al., 2021).....	12
2.3 : Pemilihan Jalur Diagonal	13
3.1 : Activity Diagram Simulator	24
3.2 : Flowchart Algoritma A Star	26
3.3 : Flowchart Algoritma Dijkstra.....	27
3.4 : Flowchart Algoritma Best-First Search.....	29
3.5 : Mockup Tampilan Simulator.....	30
3.6 : Area Lapangan Pada Simulator	30
3.7 : Menu Choose Algorithm	31
3.8 : Menu Choose Grid Size	31
3.9 : Menu Configuration	32
3.10 : Menu Result	32
4.1 : Tampilan Utama	34
4.2 : Konfigurasi Awal	34
4.3 : Tampilan Data Hasil Path Planning	35
4.4 : Empty Map Berukuran Grid 32px.....	39
4.5 : Perolehan Waktu Eksekusi Pada Empty Map 32px	40
4.6 : Simple Map Berukuran Grid 32px	40
4.7 : Perolehan Waktu Eksekusi Pada Simple Map 32px	41

4.8 : Random Map Berukuran Grid 32px.....	41
4.9 : Perolehan Waktu Eksekusi Pada Random Map 32px	42
4.10 : Empty Map Berukuran Grid 8px.....	43
4.11 : Perolehan Waktu Eksekusi Pada Empty Map 8px	43
4.12 : Simple Map Berukuran Grid 8px	44
4.13 : Perolehan Waktu Eksekusi Pada Simple Map 8px	44
4.14 : Random Map Berukuran Grid 8px.....	45
4.15 : Perolehan Waktu Eksekusi Pada Random Map 8px	45
4.16 : Perbandingan Efisiensi Keseluruhan.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1.1 : Jadwal penelitian	7
3.1 : Kebutuhan fungsional.....	22
3.2 : Kebutuhan perangkat keras	22
3.3 : Kebutuhan perangkat lunak.....	23
4.1 : Hasil pengujian fungsional.....	36
4.2 : Tabel perbandingan efisiensi.....	47

BAB I

PENDAHULUAN

Pendahuluan pada bab ini membahas mengenai latar belakang masalah, rumusan, tujuan, batasan masalah, serta hal-hal utama yang menjadi landasan dibuatnya skripsi ini.

A. Latar Belakang Masalah

Salah satu kompetisi pada bidang robotika jenjang pendidikan tinggi adalah Kontes Robot Indonesia. Kontes Robot Indonesia merupakan kompetisi yang diadakan oleh Pusat Prestasi Nasional (puspresnas) setiap tahunnya dan diikuti oleh mahasiswa dari seluruh perguruan tinggi di Indonesia. Pada tahun 2022, KRI masih diadakan secara online pada tingkat wilayah, dan diadakan secara offline pada tingkat nasional. Peserta yang berhasil lolos ke babak nasional akan mempertandingkan robotnya secara langsung pada lapangan pertandingan. KRI mempertandingkan enam divisi, salah satunya yang masih diikuti oleh Universitas Nusantara PGRI Kediri hingga saat ini merupakan divisi Kontes Robot Sepak Bola (KRSBI) Beroda (Pusat Prestasi Nasional, 2022).

Tim Abimanyu merupakan tim dari komunitas robotik Universitas Nusantara PGRI Kediri yang mengikuti divisi KRSBI Beroda tersebut. Pada kompetisi ini robot digerakkan secara autonomus melalui *Base Station* sehingga diperlukan strategi pada robot untuk mencetak gol. Pergerakan robot untuk

mencetak gol dan bergerak menuju titik tujuan tentunya tidak mudah karena adanya robot lawan yang menghadang. Oleh karena itu perlu adanya algoritma perencanaan jalur (*path planning*) yang optimal dan sesuai dengan kondisi robot agar dapat menghindari halangan, serta diperlukan sebuah simulator sebagai simulasi pergerakan robot dan untuk mengetahui panjang *path* serta waktu eksekusi yang diperlukan dari masing-masing algoritma *path planning*.

Untuk menentukan jalur (*path planning*) menggunakan beberapa algoritma diantaranya yang umum digunakan adalah Algoritma *A Star* dan Algoritma *Dijkstra*. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dari kedua algoritma tersebut yang paling efektif dalam *path planning* adalah Algoritma *A Star* (Ramadhan & Udjulawa, 2020). Algoritma *A Star* juga dapat menghindari objek halangan dan menuju titik *finish* secara optimal pada map dengan resolusi yang tinggi (Setyawan dkk., 2019). Dalam melakukan perancangan visualisasi pada base station, diperlukan skala untuk menentukan perbandingan antara lapangan sesungguhnya dengan yang ada pada visualisasi (Indrarta dkk., 2019).

Pada penelitian ini, penulis mengusulkan implementasi simulator pada sistem kontrol base station Tim Abimanyu menggunakan 3 algoritma sebagai perencanaan jalur robot. Adapun metode penelitian yang digunakan untuk mendukung berjalannya penelitian ini adalah metode *waterfall*.

B. Identifikasi Masalah

Robot yang diikuti sertakan dalam pertandingan KRSBI Beroda harus dapat mengejar bola dan mencetak gol. Dalam mengejar bola, robot perlu untuk menuju ke titik tertentu pada lapangan tanpa bertabrakan dengan robot lainnya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu adanya algoritma perencanaan jalur (*path planning*) pada robot agar robot dapat menghindari penghalang maupun robot lawan, serta diperlukan sebuah simulator pada sistem kontrol *base station* untuk mempermudah dalam penerapan simulasi dari perencanaan jalur robot.

C. Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang telah dijabarkan, ditemukan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menambahkan fitur simulator pada sistem kontrol *base station*?
2. Bagaimana penerapan algoritma *path planning* pada simulator *base station*?
3. Apa saja kelebihan dan kekurangan yang dimiliki masing-masing algoritma yang digunakan?
4. Apa algoritma yang paling optimal untuk diterapkan pada robot?

D. Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang menyimpang dari tujuan, diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada robot sepak bola beroda Tim Abimanyu Robotik Universitas Nusantara PGRI Kediri.
2. Menggunakan bahasa pemrograman *Python* dengan Modul *PyGame* pada simulator.
3. Hanya menggunakan satu robot *striker* pada simulator.
4. Data diambil dari titik awal posisi robot dan titik tujuan robot berupa titik koordinat lapangan.
5. Menggunakan Algoritma *A Star*, *Dijkstra*, dan *Best-First Search* untuk perencanaan jalur.
6. Pengujian dilakukan pada laptop tanpa penerapan langsung pada robot.
7. Luaran penelitian berupa implementasi fitur simulator pada sistem kontrol *base station* Robot Sepak Bola Beroda.

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan simulator pada sistem kontrol *base station* Robot Sepak Bola Beroda.
2. Menerapkan Algoritma *A Star*, *Dijkstra*, dan *Best-First Search* sebagai perencanaan jalur agar robot dapat menghindari halangan berupa robot *dummy* maupun robot lawan.
3. Mengetahui kekurangan dan kelebihan dari masing-masing algoritma yang diterapkan.

4. Menentukan algoritma yang paling optimal untuk diterapkan pada robot dalam kondisi apapun.

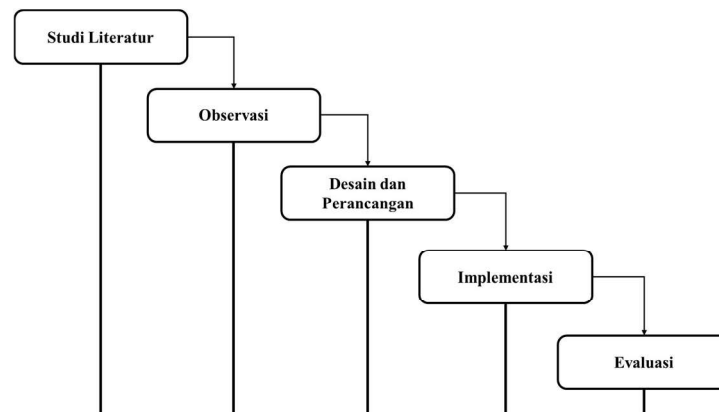
F. Manfaat dan Kegunaan Penelitian

Berikut merupakan beberapa manfaat dan kegunaan dari penelitian ini:

1. Perencanaan jalur robot dapat dilihat melalui simulator pada *base station*.
2. Perencanaan jalur dapat dilakukan secara otomatis melalui algoritma yang telah diterapkan.
3. Robot dapat menghindari halangan seperti robot lawan maupun robot *dummy*.
4. Bermanfaat bagi penelitian berikutnya mengenai komparasi algoritma *path planning*.

G. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam implementasi ini adalah metode *waterfall*. Menurut (Sanubari dkk., 2020) metode *waterfall* atau yang sering disebut *classic life cycle* merupakan metode pada pengembangan *software* yang menerapkan pendekatan sistematis dan berurutan. Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode *waterfall* yang dimulai dengan pengumpulan informasi yang didapat dari studi literatur, dilanjutkan dengan observasi pada mitra penelitian, kemudian membuat desain dan perancangan sistem, melakukan implementasi, hingga evaluasi. Gambar 1.1 merupakan tahapan dari metode *waterfall* yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 1.1 Metode *Waterfall*

1. Studi Literatur

Tahapan pertama yang perlu dilakukan pada penelitian ini yaitu studi literatur untuk merumuskan permasalahan yang terjadi, serta analisa sistem yang belum ada namun perlu untuk ditambahkan pada robot sepak bola beroda.

2. Observasi

Tahap observasi diperlukan untuk menganalisa kebutuhan robot sepak bola secara langsung agar penelitian yang dilakukan dapat memberikan manfaat yang tepat pada objek penelitian. Pada tahapan ini juga ditetapkan rumusan masalah dan tujuan dari penelitian yang dilakukan.

3. Desain dan Perancangan

Setelah menetapkan masalah dan tujuan utama dari penelitian, dibuatlah desain dan perencanaan untuk sistem yang diusulkan, seperti penentuan algoritma yang digunakan untuk *path planning*, serta pembuatan desain simulator yang akan diimplementasikan.

4. Implementasi

Tahap berikutnya yaitu implementasi dari sistem yang telah dibuat, tahapan ini meliputi penerapan dan pengujian sistem pada robot sepak bola beroda, pada tahap ini dilakukan pengujian berupa efektivitas algoritma untuk menghindari obstacle dan pemilihan jalur tercepat.

5. Evaluasi

Tahap terakhir merupakan evaluasi dari sistem yang dibuat, berfungsi untuk mengetahui kekurangan yang ada dari simulator dan algoritma yang telah diimplementasikan.

H. Jadwal Penelitian

Tabel dibawah merupakan estimasi waktu dari rencana penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 1.1 Jadwal Penelitian

NO	Jenis Kegiatan	Bulan Ke-1				Bulan Ke-2				Bulan Ke-3				Bulan Ke-4				Bulan Ke-5				Bulan Ke-6			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Minggu Ke -																								
1	Studi Literatur	■	■	■																					
2	Observasi				■	■	■	■																	
3	Desain dan Perancangan								■	■	■	■													
4	Implementasi												■	■	■	■									
5	Evaluasi																■	■	■	■					
6	Penulisan Laporan																	■	■	■	■	■	■	■	■

I. Sistematika Penulisan Laporan

Agar skripsi ini lebih mudah dipahami, perlu adanya sistematika penulisan laporan yang terdiri dari lima bab dengan pokok pembahasan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas mengenai latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat hingga kegunaan penelitian ini untuk kedepannya, serta metode penelitian yang digunakan dan estimasi jadwal penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pembahasan pada bab ini meliputi teori, jurnal dan beberapa literatur yang mendukung penelitian ini, seperti *base station*, skala lapangan, algoritma *A Star* dan modul *pygame*.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Membahas mengenai analisa dan desain sistem yang akan dibuat serta desain antar muka, baik tampilan pada simulator hingga tampilan hasil akhir pada sistem kontrol *base station*.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

Paparan yang menjelaskan alur kerja sistem dan implementasi algoritma maupun program dibahas secara detail pada bab ini, termasuk pengujian sistem dan evaluasi hasil.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini yang merupakan bagian terakhir dari penulisan laporan, membahas mengenai kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya yang mendukung penyempurnaan pada penelitian yang telah dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Afero, Y. (2021). ALGORITMA BEST FIRST SEARCH MENENTUKAN LINTASAN JALUR TERPENDEK PADA KOTA WISATA BUKITTINGGI. *JOISIE Journal Of Information System And Informatics Engineering*, 5(Desember), 138–145.
- Figueiredo, N. M., Neves, A. J. R., Lau, N., Pereira, A., & Corrente, G. (2009). *Control and Monitoring of a Robotic Soccer Team: The Base Station Application*. <http://www.ieeta.pt/atri/cambada>
- Firmansyah, W. (2022). *IMPLEMENTASI SISTEM MULTITHREADING DENGAN MENGGUNAKAN PROTOKOL TCP (TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL) PADA BASESTATION ROBOT SEPAK BOLA BERODA*. Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- Firmansyah, W., Sahertian, J., & Sulaksono, J. (2022). Implementasi Fitur Manual Keyboard Menggunakan Header Pada Basestation Robot Sepak Bola Beroda Abimanyu. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 247–252.
- Gasparetto, A., Boscariol, P., Lanzutti, A., & Vidoni, R. (2015). Path planning and trajectory planning algorithms: A general overview. Dalam *Motion and Operation Planning of Robotic Systems* (Vol. 29, hlm. 3–27). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14705-5_1
- Hartanto, K. (2020). *Analisis Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma A* (A-Star) dalam Pencarian Rute Terpendek (Studi Kasus: SPBU di Kota Medan)* [Universitas Sumatera Utara]. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/27965>
- Hidayatullah, A. A., Handayani, A. N., & Fuady, M. J. (2016). *STUDI PENERAPAN ALGORITMA DIJKSTRA DAN ALGORITMA A* DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK PADA ROBOT PEMADAM API*.
- Ikhsan, M., Nasution, M. I. P., & Ikhwan, A. (2020). APLIKASI PENDAFTARAN SISWA BARU MENGGUNAKAN ALGORITMA BEST FIRST SEARCH PADA SMP NEGERI 1 MEDAN. *MISI (Jurnal Manajemen Informatika & Sistem Informasi)*, 3(2), 108–115.
- Indrarta, V., Tri Rasmana, S., & Puspasari, I. (2019). PERANCANGAN VISUALISASI POSISI ROBOT PADA PENGENDALI ROBOT SEPAK BOLA BERODA. *Journal of Control and Network Systems*, 8(2), 52–60. <http://jurnal.stikom.edu/index.php/jcone>
- Jubilee Enterprise. (2020). *Python untuk Membuat Game hingga Face Detector*. PT Elex Media Komputindo.

- KBBI Daring. (2016). *Simulator*. KBBI Daring. <https://kbbi.web.id/simulator>
- Kelly, S. (2016). *Python, PyGame and Raspberry Pi Game Development*. Apress. https://www.google.co.id/books/edition/Python_PyGame_and_Raspberry_Pi_Game_Deve/RovJDQAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=python+pygame&pg=PA59&printsec=frontcover
- León, B., Morales, A., & Sancho-Bru, J. (2013). *From Robot to Human Grasping Simulation*. https://www.google.co.id/books/edition/From_Robot_to_Human_Grasping_Simulation/dE--BAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=robot+simulators&pg=PA32&printsec=frontcover
- Lohith, G. D., Sujatha, C. N., Pamuleti, C., Mahesh, K., & Sai Charan, S. (2021). PATH ROUTING ON A MAP AND SIMULATION USING A STAR ALGORITHM. *JAC : A Journal of Composition Theory*, 14(8), 293–304.
- Pusat Prestasi Nasional. (2022). *PANDUAN KONTES ROBOT INDONESIA (KRI) TAHUN 2022*.
- Ramadhan, A. W. R., & Udjulawa, D. (2020). Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma A Star Pada Permainan Pac-Man. Dalam *Jurnal Algoritme* (Vol. 1, Nomor 1).
- Salem, I. E., Mijwil, M. M., Abdulqader, A. W., & Ismaeel, M. M. (2022). Flight-schedule using Dijkstra's algorithm with comparison of routes findings. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 12(2), 1675–1682. <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i2.pp1675-1682>
- Sanubari, T., Prianto, C., & Riza, N. (2020). *Odol (one desa one product unggulan online) penerapan metode Naive Bayes pada pengembangan aplikasi e-commerce menggunakan Codeigniter*. Kreatif.
- Saputra, Y. A., Pane, S. F., & Awangga, R. M. (2020). *BIG DATA: IMPLEMENTASI HADOOP MAPREDUCE PADA PEMETAAN SEKOLAH MENGGUNAKAN PYTHON* (R. M. Awangga, Ed.). Kreatif Industri Nusantara. https://www.google.co.id/books/edition/BIG_DATA_IMPLEMENTASI_HADOOP_MAPREDUCE_P/Zaj8DwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1
- Setyawan, N., Nur Fajar, D., & Hidayat, K. (2019). PERENCANAAN JALUR ROBOT SEPAK BOLA UMMIROS MENGGUNAKAN ALGORITMA A*. *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA)*, 52–57.
- Sharma, S. K., & Kumar, S. (2016). COMPARATIVE ANALYSIS OF MANHATTAN AND EUCLIDEAN DISTANCE METRICS USING A*

ALGORITHM 1 2. Dalam *Journal of Research in Engineering and Applied Sciences JREAS* (Vol. 1). http://wiki.gamegardens.com/Path_Finding_Tut

Shiltagh, N. A., & Jalal, L. D. (2013). Path Planning of Intelligent Mobile Robot Using Modified Genetic Algorithm 32. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, 3(2), 31–36.

Sugianti, N., Mardhiyah, A., & Romihim Fadlilah, N. (2020). Komparasi Kinerja Algoritma BFS, Dijkstra, Greedy BFS, dan A* dalam Melakukan Pathfinding. Dalam *JISKa* (Vol. 5, Nomor 3).

Tjoanapessy, F., Canisius Poekoel, V., Salmon, A., Lumenta, M., & Robot, R. F. (2019). Aplikasi Base Station Untuk Robot Sepak Bola Beroda. *Jurnal Teknik Informatika*, 14(3).

Waliulu, R. F., Hendriawan, A., Supardi, S., & Pramono, A. (2021). PROTOTYPE DETEKSI OBJEK MENGGUNAKAN RASPBERRY PI MELALUI MODUL SENSOR ULTRASONIK HC-SR04. Dalam *Junal Patria Bahari |Volume* (Vol. 1, Nomor 2). www.ojs.poltekpelsorong.ac.id

Zhang, S., Pu, J., & Si, Y. (2021). An Adaptive Improved Ant Colony System Based on Population Information Entropy for Path Planning of Mobile Robot. *IEEE Access*, 9, 24933–24945. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3056651>