

LINKO : Robot Edukasi Berbasis Lintasan Puzzle-RFID Dan Kendali Remote Jarak Jauh

Alfito Desmon Situmorang¹, Abdurahman Dwijotomo²
e-mail: alfitodesmon12@gmail.com, dwijotomo@polibatam.ac.id

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, Jl. Ahmad Yani, Tlk. Tering, Kec. Batam Kota, Kep. Riau, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 21 Juni 2025
Direvisi 31 Juli 2025
Diterbitkan 31 Juli 2025

Kata kunci:

ESP-WROOM-32
Robot Edukasi
Puzzle
RFID

Keywords:

ESP-WROOM-32
Education Robot
Puzzle
RFID

Penulis Korespondensi:

Abdurahman Dwijotomo,
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Batam,
Jl. Ahmad Yani, Tlk. Tering, Kec. Batam Kota, Kep. Riau, Indonesia, 29461.
Email: dwijotomo@polibatam.ac.id
Nomor HP/WA aktif: +62 856-4168-0333

ABSTRAK

Pembelajaran pemrograman di usia dini dapat melatih kemampuan otak dalam berpikir kritis, pola berpikir terstruktur, dan melatih logika. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah robot edukasi bernama LINKO yang dapat mengajarkan dasar pemrograman kepada anak-anak melalui kendali berbasis lintasan yang tersusun seperti puzzle. Robot ini mempunyai RFID reader yang membaca kode RFID yang tertanam pada lintasan dan robot tersebut akan berjalan mengikuti perintah berdasarkan kode RFID yang tersimpan. Selain itu robot juga dapat dikendalikan secara remote melalui smartphone, dengan memakai aplikasi yang disediakan agar dapat melatih kemampuan motorik otak anak melalui permainan yang lebih banyak. Berdasarkan pengujian, robot dapat berjalan mengikuti lintasan puzzle dengan keberhasilan sekitar 80% namun turun tajam apabila lintasan yang disusun mempunyai lebih dari 4 susunan puzzle akibat semakin banyak akumulasi error pada setiap lintasan. Selain itu robot juga berhasil dikendalikan melalui aplikasi handphone secara nirkabel dengan jarak sampai 42 meter.

ABSTRACT

Early-age programming education can enhance brain development in terms of critical thinking, structured thinking patterns, and logical reasoning. This research aims to develop an educational robot named LINKO, designed to teach programming fundamentals to children through a puzzle-based track system. The robot is equipped with an RFID reader that reads RFID codes embedded in the track, allowing it to move according to the stored commands. Additionally, the robot can be remotely controlled via a smartphone using a dedicated application, helping to further develop children's motor skills through interactive play. Based on testing, the robot successfully followed the puzzle track with an accuracy rate of around 80%. However, the success rate significantly dropped when the track consisted of more than four puzzle pieces, due to the accumulation of errors across each section. Furthermore, the robot could also be wirelessly controlled via the mobile application at a distance of up to 42 meters.



1. PENDAHULUAN

Berdasarkan informasi dari Federasi Robotika Internasional melaporkan dalam World Robot Report pada tahun 2022 bahwa robotika terus berkembang dengan fokus utama pada robot industri. Jumlah robot industri yang digunakan di perusahaan-perusahaan di seluruh dunia mencapai 517.385 pada tahun 2021, melebihi rekor sebelumnya sekitar 11% sebelum pandemi pada tahun 2018. dari data ini diperoleh tingkat pertumbuhan tahun ke tahun sebesar 31%. Saat ini, terdapat lebih dari 3,5 juta robot yang bekerja di dunia, mencetak data baru sehingga meningkatnya minat terhadap robotika di dalam industri hal ini menyebabkan perlunya mempersiapkan tenaga kerja yang mumpuni untuk menghadapi inovasi teknologi [1]. Oleh karena itu, penerapan robotika tidak hanya diterapkan dalam industri namun dapat di implementasikan dalam dunia pendidikan yang sangat penting untuk masa depan khusus-nya pada usia anak-anak.

Robotika dalam pendidikan memiliki banyak manfaat, terutama bagi siswa yang masih usia muda. Dengan cara ini, siswa, dapat menggunakan robotika untuk berinteraksi dengan teman sebaya dan juga dapat meningkatkan rasa kolaboratif di dalam kelas. selain itu, kehadiran teknologi robotika pada proses pembelajaran memungkinkan anak-anak untuk terlibat dalam kegiatan praktis yang dapat merangsang keingintahuan dan kreativitas mereka, meningkatkan kemampuan, dan memungkinkan keterampilan yang berbeda untuk dikembangkan [2]. Salah satu robot yang dapat mengajarkan agar siswa dapat berpikir secara sistematis yaitu robot pendidikan yang dapat mengajarkan dasar pemrograman sederhana.

Namun pengembangan robot pendidikan untuk mengajarkan berbagai aspek dimulai dari visual dan pemrograman secara dasar masih menjadi sebuah tantangan yaitu memahami robot yang dapat memiliki spesifikasi aman dan dapat berinteraksi aktif pada siswa anak-anak. Pada perancangan robot edukasi yang telah dibuat dari beberapa penelitian sebelum-nya seperti yang dilakukan oleh Bertha dan Martinus [3] berhasil merancang robot edukasi yang menggunakan sistem RFID RC 522 dan kartu RFID sebagai kode untuk membaca perintah sehingga dapat mengontrol dua driver motor DC agar bergerak sesuai arah simbol meskipun hanya terbatas satu perintah saja. Pengaplikasian robot tersebut telah di terapkan untuk mainan anak dengan usia rentang 4-6 tahun di TK Ananda dan robot tersebut tidak bisa dipakai untuk permainan lain seperti pertandingan robot dengan sesama siswa. Sistem robot lainnya menggunakan RFID berdasarkan penelitian Bertha Bintari [4] membuat desain robot belajar baca untuk anak-anak, dengan cara menyusun kartu huruf menjadi sebuah kata lalu robot akan mengevaluasi apakah kata tersebut benar dengan ditandai suara MP3. Robot yang dirancang berfungsi dengan baik dengan memiliki desain robot memiliki ukuran cukup besar akibat kebutuhan hardware untuk memproses dan mengeluarkan suara membutuhkan tempat lebih sehingga terkesan tidak praktis. Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh Bagus Arif dkk [5] merancang robot yang dapat mendampingi anak untuk belajar tentang lagu-lagu tradisional Indonesia, kartu RFID di program untuk mendeskripsikan lagu daerah. hasil penelitian menunjukkan dari hasil uji pembacaan kartu RFID, yang melibatkan 30 kartu, kecepatan pembacaan rata-rata adalah 14,888 detik, dengan jarak pembacaan berkisar antara 0 hingga 3 cm. Namun robot tersebut juga mempunyai masalah yang sama dengan penelitian sebelumnya yaitu dimensi robot yang terkesan tidak praktis yang bisa menyebabkan anak-anak kesulitan untuk memakainya.

Selain itu ada juga perancangan prototipe robot EVOCE yang dilakukan oleh Sri Yuliani dkk [6] merancang sistem robot yang dapat memberikan dampak peningkatan kosakata bahasa Inggris siswa, sistem robot EVOCE ini yang bergerak dari satu lokasi ke lokasi lain melalui perintah tombol yang ada di tubuh robot dan juga bisa melalui alas robot yang tertanam RFID. Kelebihan robot tersebut adalah robot bisa berjalan sambil mengeluarkan suara terhadap respon perintah. Hasil dari penelitian tersebut telah diterapkan di salah satu sekolah namun untuk perintah RFID, robot yang dibuat hanya dipakai untuk merespon 1 RFID saja dan bukan dalam bentuk susunan lintasan. Ini menyebabkan interaksi pembelajaran masih terbatas.

Kemudian yang terakhir ada pada penelitian dilakukan oleh Alden dkk [7] perancangan prototipe robot berbasis arduino uno dengan penggerak Stepper motor 28BYJ-48 yang dapat dikontrol dengan 4 tombol untuk mengetahui tombol pull up atau pull down dengan tujuan memperkenalkan konsep rangkaian elektronika dasar. dalam hal ini peneliti mengusulkan untuk melengkapi robot dengan kontrol tambahan seperti bluetooth untuk meningkatkan fleksibilitas dan kemampuan kontrol robot. Robot tersebut bisa juga dipakai untuk kompetisi anak



anak untuk bermain bersama menggunakan remote apabila dibuat lebih dari satu, tapi aktifitas permainan tersebut untuk pembelajaran anak anak dalam mengembangkan kemampuan berpikir dirasa kurang.

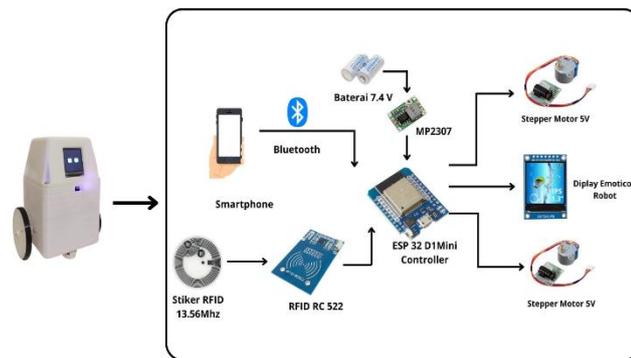
Dari kelima penelitian sebelumnya sudah menjelaskan berbagai cara namun sistem tersebut memiliki pengembangan tersendiri oleh karena itu, penulis akan merancang jenis robot dari yang sudah di implementasikan sebelumnya yaitu bernama LINKO yaitu sistem robot menggunakan RFID RC-522 sebagai pembaca gambar pada lintasan atau jalur puzzle/ lintasan yang bisa disusun seperti puzzle, penggunaan stepper 28BYJ-48 sebagai penggerak robot, dan penggunaan ESP-WROOM-32 sebagai microcontroller. Dengan tambahan komunikasi bluetooth dengan aplikasi pada smartphone, robot tersebut juga dapat dikendalikan dari jarak jauh agar anak anak juga bisa bermain bersama untuk melatih kemampuan softskill dan hardskill. Kedua hal tersebut memungkinkan anak anak dalam melatih otak dan melatih kemampuan bersosialisasi melalui robot yang lebih interaktif. Selain itu robot yang dirancang juga mempunyai dimensi yang cukup kecil agar mudah dipegang anak anak.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Sistem

Pada perancangan memiliki beberapa tahap yaitu perancangan blok, perancangan hardware, desain interface dan desain mekanik. sistem yang akan di implementasikan seperti pada gambar berikut kode unik RFID berfungsi sebagai chip yang memberikan arahan kepada robot, memungkinkan robot bergerak maju, mundur, ke kiri, dan ke kanan. Data yang dibaca dari tag RFID dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses oleh pembaca RFID RC522. RFID RC 522 di pilih pada penelitan ini karena merupakan modul pembaca yang dirancang untuk membuat gelombang elektromagnetik dengan frekuensi 13.566 MHz [8] . lalu untuk microcontroller dipilih karena murah, hemat daya, dan memiliki koneksi Bluetooth dan Wi-Fi bawaan, dan dapat berfungsi sebagai perangkat mandiri yang sepenuhnya fungsional [9].

Pada penelitian robot ini menggunakan stepper motor 28byj-48 dengan alasan memiliki torsi dan presisi yang tinggi dan jenis motor unipolar yaitu memiliki empat kumparan yang dapat di gerakkan dalam operasi mode gelombang, penuh dan setengah. Motor ini memerlukan 4096 langkah untuk dapat menyelesaikan putaran hingga 360 derajat dengan akurasi 0,088 langkah. Motor ini juga memiliki rasio gearbox 1/64 yang artinya adanya pengurangan putaran motor yang memerlukan 64 kali putaran pada bagian dalam motor [10] . Untuk mengendalikan dua stepper motor ini diperlukan driver sebuah IC ULN 2003AN Salah satu driver motor sirkuit terpadu (IC) yang sering digunakan untuk menggerakkan motor stepper adalah driver motor ULN2003. Tujuh pasang transistor membentuk rangkaian transistor Darlington IC ULN2003, dengan kolektor transistor kedua terhubung ke kolektor transistor lainnya [11]. Desain sistem hardware yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 1.

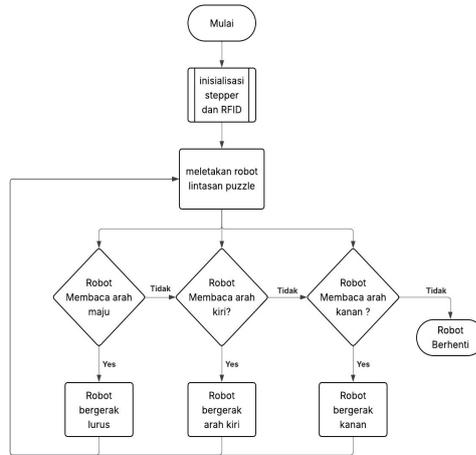


Gambar 1: Blok diagram sistem

Untuk software-nya sendiri dibagi menjadi 2 mode kendali, yaitu mode Puzzle RFID dan mode pergerakan manual melalui aplikasi. Gambar 2 berikut merupakan mode kendali robot yang bergerak sesuai Puzzle RFID. Ini

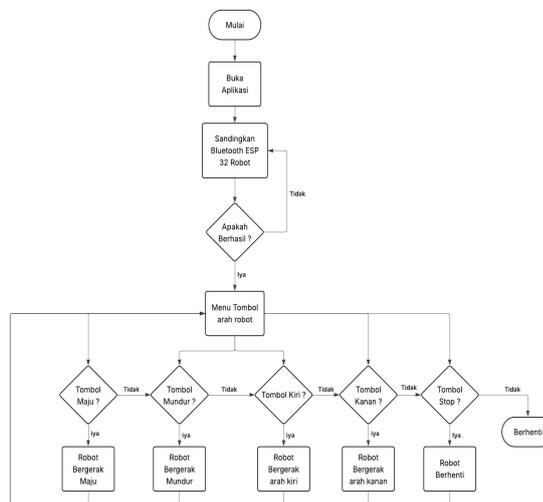


dimulai dengan inialisasi sensor, yang berarti persiapan sensor RFID untuk mendeteksi kode unik yang melekat pada masing-masing puzzle. Jika sensor RFID membaca data dari tag RFID puzzle, maka robot akan mengidentifikasi kode tag RFID. Jika kode tag RFID belum di verifikasi maka robot tidak akan merespon, namun apabila kode tag sudah di verifikasi maka robot akan bergerak sesuai arah ID RFID yang tersimpan.



Gambar 2: Flow-Chart dari robot mode RFID

Mode kedua adalah kendali manual melalui aplikasi. Disini robot bisa dikendalikan melalui aplikasi yang telah didesain dan dipasang di dalam smartphone. Gambar 3 menunjukkan desain flow chart kendali manual. Pada desain ini, alur kontrol manual pada robot dimulai dengan membuka aplikasi di smartphone lalu pada tampilan awal dan memilih koneksi Bluetooth. Jika terhubung, maka akan menampilkan teks "terhubung" jika tidak maka harus sandingkan ulang koneksi bluetoothnya dan melanjutkan dengan pilihan tombol navigasi seperti maju, mundur, kiri, kanan, dan berhenti. Setelah itu, robot akan bergerak. dan jika koneksi terputus maka harus menghubungkan kembali koneksi bluetooth.

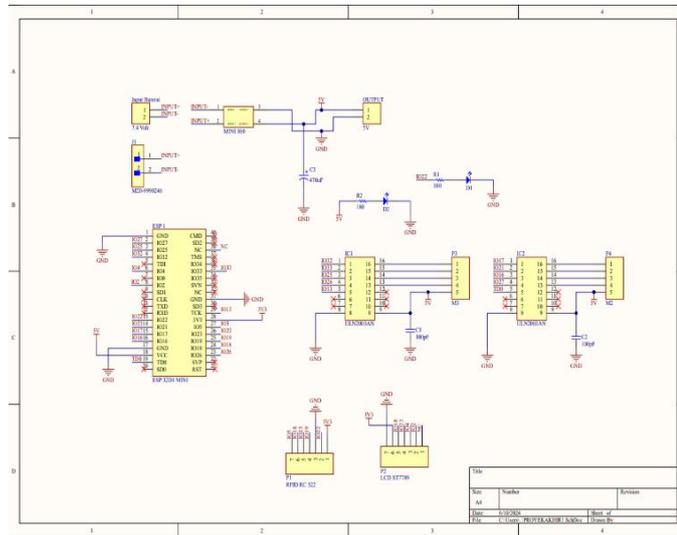


Gambar 3: Flow-Chart dari Mode Manual

2.2 Desain Hardware



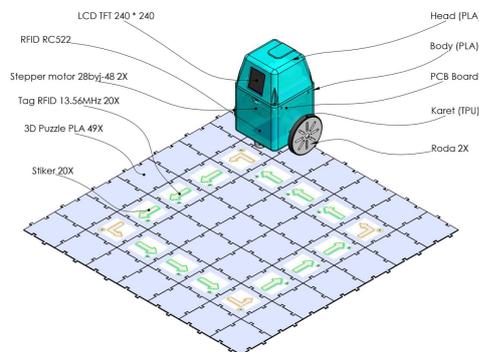
Pada perancangan hardware pada robot LINKO menggunakan software altium designer terlihat pada gambar 4 Esp 32 sebagai mikrokontroler semua komponen akan terhubung ke pin esp 32 wroom. Sumber tegangan input dari baterai adalah 7,4 volt yang akan diturunkan menjadi 5 volt menggunakan penurun tegangan yaitu modul MP2307. Modul MP2307 adalah modul yang dirancang untuk mengontrol tegangan linear. Modul ini menggunakan MOSFET 100 MΩ yang dikombinasikan dengan IC buck converter MP2307, yang dapat memasok arus beban hingga 3 A dalam rentang tegangan input yang ditentukan. Pada modul ini memiliki potensiometer yang dapat digunakan untuk mengubah tegangan output sesuai kebutuhan [12]. Skematik dari circuit hardware yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4: Gambar Skematik PCB

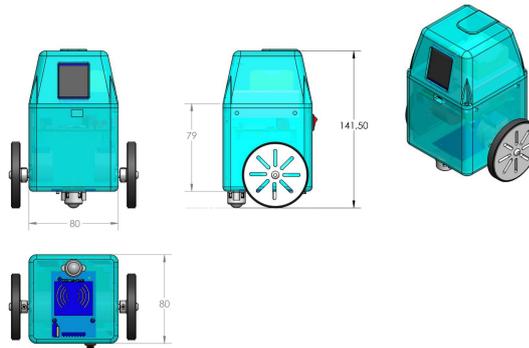
2.3 Perancangan Mekanik

Pada berikut merupakan hasil 3D desain robot menggunakan software solidwork. terlihat pada terdapat beberapa desain part yang dicetak menggunakan mesin 3D printer dengan material filamen PLA. Ini disebabkan karena filamen PLA memiliki tingkat ketahanan yang tinggi, fleksibilitas yang rendah, sedikit penyusutan, dan kekuatan tarik, filamen PLA merupakan bahan organik dan terbarukan yang digunakan dalam pencetakan 3D untuk membuat komponen dan prototipe yang kompleks [13]. Pada Gambar 5 terlihat desain puzzle dengan ukuran 60 x 60 mm sebagai tangible programming artinya pemograman yang dapat disentuh oleh fisik dimana siswa anak-anak dapat membuat program untuk mengendalikan robot tanpa berinteraksi dengan komputer [14].



Gambar 5: Desain Robot Puzzle RFID

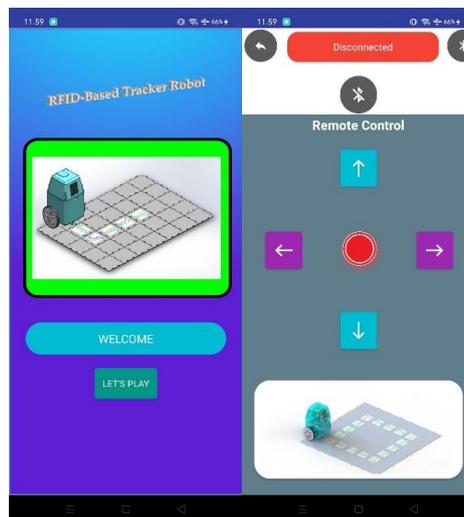
Pada ukuran dimensi robot yaitu 80 (mm) panjang, 80 (mm) lebar 141 (mm) tinggi. Pada bagian depan robot terdapat LCD ST7789 IPS 240 x 240 berfungsi sebagai tampilan ekspresi wajah robot. Kemudian pada bagian bawah robot terlihat module RFID RC 522 sebagai sensor akan membaca kode unik untuk mengenali instruksi puzzle yang akan dibaca. lalu pada segi desain mekanik jika di analisis, masih memiliki nilai keamanan saat digunakan karena rangkaian komponen elektronik sudah bentuk PCB board hal ini dapat mengurangi ketidakrapian pemasangan kabel. Perlu di perhatikan bahwa supply pada robot belum memiliki modul cas sehingga ketika power sudah habis mengecap baterai harus membongkar pasang bagian-nya. Sehingga dalam perencanaan ke depan-nya menggunakan modul cas agar lebih efisien dalam mengisi baterai.



Gambar 6: Desain Mekanikal Robot

2.4 Perancangan Antarmuka

Pada perancangan aplikasi menggunakan kodular.io aplikasi terdiri dari dua layar yaitu screen utama dan screen kontrol. Terdapat komunikasi aplikasi dengan robot menggunakan bluetooth client. Tampilan aplikasi sederhana digunakan untuk mempermudah pengontrolan robot dari jarak jauh membuat pengguna lebih terbiasa dengan antarmuka. Tampilan dari aplikasi yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7: Tampilan Aplikasi Robot Linko

Setelah berhasil membangun robot tersebut, dilanjutkan ke proses pengujian. Pengujian dibagi menjadi 3 tahap yaitu proses pengujian motor roda untuk menggerakkan robot, pengujian pergerakan robot secara otomatis



melalui lintasan puzzle, dan pengujian kendali manual jarak jauh melalui aplikasi. Pengujian pertama mengenai motor roda dilakukan dengan memberi inputan secara manual untuk menguji hasil mekanis robot, ini dilakukan dengan roda robot disuruh berputar beberapa derajat dan hasil perputaran roda diukur dengan jangka busur. Ini dilakukan terpisah antara roda kanan dan kiri. Pengujian kedua yaitu, robot masuk ke mode kendali otomatis supaya berjalan mengikuti susunan lintasan Puzzle. 2 Puzzle disusun dan robot harus mampu mengikuti kombinasi lintasan tersebut (apakah berbeolk atau lurus) yang diulang selama 10 kali untuk menguji konsistensi robot pada jarak pendek. Setelah itu di bagian ini juga ada pengujian lain yaitu kesuksesan robot melewati banyak kombinasi susunan lintasan Puzzle. Maksimal Puzzle yang disusun adalah 8 buah secara acak karena keterbatasan jumlah puzzle dan proses hanya dilakukan sekali untuk mengetahui keberhasilan robot melewati lintasan yang jauh. Pengujian yang ketiga dan terakhir adalah pengujian kendali remote, yaitu robot masuk ke mode kendali manual dan bisa dikendalikan melalui aplikasi di smartphone. Natinya robot diuji melalui perintah di smartphone pada tiap jarak dengan satuan meter dan diulang sampai robot gagal mengikuti perintah pada jarak tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengujian dibagi menjadi tiga bagian yang pertama adalah pengujian akurasi stepper motor, pengujian kontrol robot dengan puzzle dan pengujian menggunakan aplikasi dengan koneksi bluetooth. Pengujian dilakukan untuk memahami performa, efisiensi, dan kehandalan perangkat yang dirancang.

3.1 Pengujian Akurasi Stepper Motor

Pengujian putaran motor stepper 28BYJ-48 dilakukan untuk mengetahui kinerja motor stepper, apakah sudah sesuai dengan yang diinginkan atau belum. Pengujian dilakukan menggunakan dengan cara mengkalibrasi awalan posisi stepper motor hingga 0 derajat sebagai referensi awal dan di inputkan derajat sesuai pengujian menggunakan busur derajat. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel I. Pengujian ini mengecek kemampuan motor stepper berputar dari putaran 90 derajat hingga 180 derajat. Pada saat pengujian, robot tersebut harus menyentuh lantai agar mengetes kondisi lingkungan aktual.

TABEL I : PENGUJIAN AKURASI STEPPER MOTOR

Pengujian	Input	Aktual	error %
Stepper 1	90°	89,5°	0,55
	100°	99,5°	0,5
	110°	109,5	0,45
	120°	119,5	0,41
	130°	109,5°	0,38
	140°	139,5°	0,35
	150°	149,5°	0,33
	160°	159,5°	0,31
	170°	169°	0,58
	180°	178,5°	0,83
Rata-rata persentasi error steppper 1			4,69 %
Stepper 2	90°	90,5	0,55
	100°	99,5	0,5
	110°	109,5	0,45
	120°	119,5	0,41
	130°	130,5	0,38
	140°	139,5	0,35
	150°	149,5	0,33
	160°	159,5	0,31
	170°	169,5	0,29
	180°	175,5	0,27
Rata-rata persentasi error stepper 2			3,84%

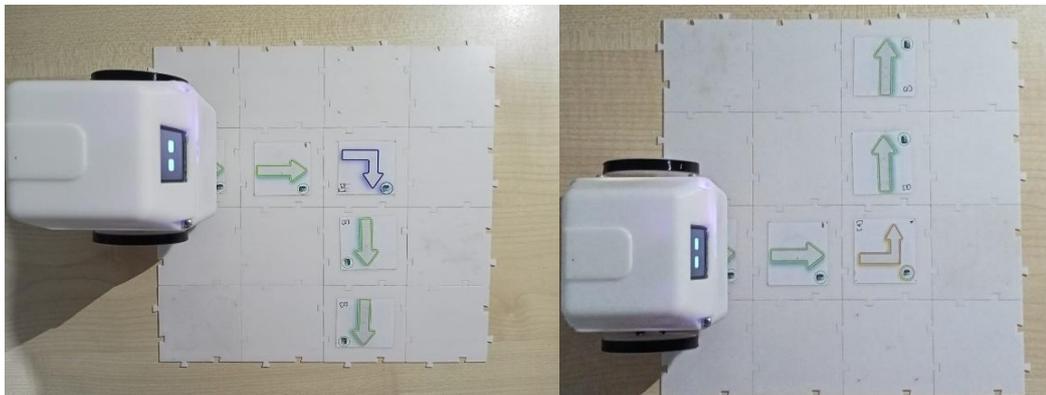


Berdasarkan pengujian dua stepper motor dari Tabel I diatas yaitu nilai rata-rata persentasi error yang di peroleh sebesar 4,69% dari stepper motor satu dengan akurasi 95,31% dan stepper motor dua memiliki akurasi sekitar 96,16 % dengan persentasi error 3,84%. Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa stepper motor memiliki presisi langkah yang dapat di handalkan dalam pergerakan-nya. Namun juga terdapat fluktuasi error pada tiap pengujian yang tidak sama. Dari hasil pengamatan, ini didapat dari adanya slip yang sulit untuk dihindari. Faktor yang memberatkan adalah mekanis roda yang kurang presisi dan adanya faktor slip pada shaft penghubung motor ke roda.

3.2 Pengujian Mode Otomatis Dengan Puzzle RFID

Pengujian mode otomatis dengan puzzle ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan robot dalam membaca desain puzzle sesuai intstruktur. Pada tahap pengujian ini puzzle akan dikombinasikan dari kombinasi paling sederhana yaitu 1 susun, sampai kombinasi yang panjang hingga delapan susun. Berikut gambar puzzle yang akan di susun untuk ukuran puzzle yaitu 60 mm x 60 mm. pada percobaan pertama menyusun satu puzzle dengan tiga arah lurus, kiri dan kanan robot akan melintasi puzzle tersebut dengan 10 kali percobaan. Kemudian pada kombinasi dua susun sampai seterusnya robot akan di uji coba dengan lima kombinasi arah yang berbeda-beda, jumlah seluruh data yang akan di uji sebanyak 380 data. Rumus yang akan digunakan untuk mendapat tingkat keberhasilan pada pembacaan TAG RFID yaitu mengikuti persamaan (1).

$$akurasi = (jumlah\ data\ yang\ benar) / (jumlah\ seluruh\ data) \times 100\% \quad (1)$$



Gambar 8: Pengujian Mode Puzzle

TABEL II : TES SUSUNAN DUA PUZZLE

Pembacaan RFID Sensor	Kombinasi Arah					
	Lurus Lurus	Lurus Belok Kanan	Lurus Belok Kiri	Belok Kiri Lurus	Belok Kanan Lurus	
Percobaan 1	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	
Percobaan 2	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	
Percobaan 3	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	
Percobaan 4	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✗	✓ ✗	
Percobaan 5	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	
Percobaan 6	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	
Percobaan 7	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	
Percobaan 8	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	
Percobaan 9	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	
Percobaan 10	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✗	

Hasil pergerakan pada Tabel II diatas merupakan pengujian yang dilakukan sampai 10 kali percobaan dengan susunan dua puzzle dengan kombinasi yang berbeda-beda. dari total presentasi keberhasilan yaitu 94%. Untuk kombinasi tiga puzzle sampai delapan puzzle akan diuji seperti pada tabel diatas dengan kombinasi arah



yang sama hanya saja penambahan jumlah puzzle. Adapun total nilai keakuratan keberhasilan dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III : PRESENTASI KEBERHASILAN

Kombinasi susunan Puzzle RFID	Tingkat keberhasilan
1	100%
2	94%
3	82%
4	80%
5	68%
6	54%
7	44%
8	28%

Berdasarkan hasil tabel dapat dilihat bahwa nilai keakuratan terbesar pada pembacaan kode unik RFID pada puzzle di dapat pada kombinasi satu susun puzzle dengan tingkat keberhasilan 100%. Selanjutnya menurun secara bertahap dan turun tajam ketika susunan puzzle lintasan melebihi 4 buah menjadi di bawah 80% keberhasilan. Hasil dari analisa yang di dapat, tingkat keberhasilan pembacaan tag puzzle ini menurun di karenakan beberapa faktor yang pertama, ukuran antena stiker RFID sangat minimalis yaitu 3 x 1,5 cm menyebabkan robot harus berusaha bergerak tepat pada posisi di atas antena stiker agar mudah dibaca RFID reader. Pada saat kombinasi susunan puzzle melebihi 4 buah, posisi card reader melenceng jauh terhadap posisi stiker RFID lintasan menyebabkan kesulitan pembacaan oleh RFID reader. Masalah tersebut tidak lepas dari faktor yang kedua yaitu akumulasi error yang bertambah disebabkan adanya pergeseran pada setiap langkah lintasan-nya. Setiap pergerakan robot mengikuti perintah lintasan selalui ada error pergerakan meskipun sangat kecil. Ketika lintasan tersusun lebih dari satu, error posisi pada lintasan sebelumnya akan terbawa pada lintasan puzzle selanjutnya. Sehingga terjadi akumulasi error semakin lama semakin besar. Selain itu juga ada faktor yang ketiga, yaitu adalah faktor mekanis roda pada robot yang agak miring, ditambah lagi shaft penghubung roda ke motor yang tidak ketat menyebabkan slip.

3.3 Pengujian Kendali Mode Manual Melalui Wireless Bluetooth

Pada penelitian juga dilakukan kendali manual via bluetooth bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh konektivitas bluetooth pada robot dan memastikan bahwa logika sistem yang dirancang dapat berjalan dengan baik. pada pengujian ini di lakukan dengan dua cara yaitu tanpa penghalang seperti di luar ruangan terbuka dan dengan penghalang seperti di dalam ruangan. untuk tombol yang di uji seperti maju, mundur, belok kiri, belok kanan dan berhenti. Berbeda dengan pengujian otomatis dengan puzzle yang dimana arah yang diuji hanya 3 arah yaitu maju, belok kanan dan belok kiri. Tabel IV berikut merujuk pada hasil pengujian kendali via Bluetooth.

TABEL IV : PENGUJIAN KONEKTIVITAS BLUETOOTH

Jarak Smartphone Terhadap robot	Tombol	Kondisi	Persentasi error% 10 kali percobaan
5 M			0%
10 M			0%
15 M		Dengan penghalang	0%



20 M	Maju, kiri,kanan,mundur,berhenti	100%
5 M		0%
10 M		0%
15 M		0%
20 M		0%
40 M	Tanpa Halangan	0%
41 M		0%
42 M		0%
43 M		100%

Berdasarkan Tabel IV diatas perbandingan jarak konektivitas jenis bluetooth classic pada implementasi robot dengan kondisi line of sight (tanpa penghalang) di dapat sejauh 42 meter sesuai dengan titik pengujian dan koneksi dengan non -light of sight (dengan penghalang) sejauh 16 meter dengan berbagai faktor seperti adanya rintangan tembok. alat bantu ukur yang digunakan pada percobaan ini menggunakan meteran. Hasil ini menunjukkan bahwa robot memiliki kemampuan untuk dikendalikan dari jarak yang cukup jauh, memberikan fleksibilitas dalam penggunaan di berbagai ukuran ruangan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari rancangan robot untuk pembelajaran dasar pemrograman dasar bagi anak-anak telah di implementasikan dengan membuat prototipe robot dan kendali robot menggunakan bluetooth. Pengujian akurasi stepper motor memiliki tingkat akurasi motor 99%, Hal ini membuat pergerakan robot dapat bergerak sangat akurat. Pengujian selanjutnya tentang pergerakan robot pada pembacaan kode unik RFID yang dilekatkan pada puzzle lintasan memiliki tingkat keberhasilan 100% pada pembacaan satu kartu puzzle dan menurun menurun tajam apabila tersusun lebih dari 4 Puzzle yaitu di bawah 80%. Pada lintasan yang tersusun dari 8 puzzle, keberhasilan hanya tercapai 28%. Beberapa faktor penurunan keberhasilan yaitu desain pada bodi robot kurang minimalis dan perputaran dua stepper motor setelah diamati saat bergerak dilantai tidak selalu stabil atau presisi pada pergerakan yang identik. Ini dikarenakan faktor mekanik roda yang agak miring. Selain itu desain shaft roda juga tidak merekat kuat yang menyebabkan roda slip tidak terkendali ketika menyentuh lantai. Error tersebut menyebabkan ketidak presisian jalan robot pada setiap perintah puzzle, dan bisa menyebabkan akumulasi error lebih besar apabila puzzle disusun semakin banyak. Meskipun begitu, robot juga telah berhasil dikendalikan secara manual melalui remote bluetooth dan aplikasi di smartphone hingga jarak sampai 42 meter. Ini bisa menjadi potensi bagi anak anak apabila ingin mengakses permainan lain dan berkompetisi dengan teman teman lainnya seperti lomba balapan robot dan lainnya. Selain itu robot yang dirancang juga mempunyai dimensi yang minimalis dengan panjang dan lebar 8 cm, beserta tinggi 14 cm agar lebih mudah digenggam oleh tangan anak anak. Dibandingkan robot pada penelitian terdahulu, kebanyakan robot yang telah dibuat terfokus terhadap satu fungsionalitas permainan yaitu hanya bisa melewati lintasan dengan satu perintah, pergerakan melalui tombol, atau permainan dengan menyusun kata kata yang benar. LINKO menggabungkan 2 fungsionalitas yaitu kemampuan bergerak melewati susunan lintasan banyak puzzle dan juga mampu dikendalikan melalui aplikasi smartphone. Ini memungkinkan interaksi yang lebih banyak sehingga anak anak tidak mudah bosan terhadap permainan tersebut. Diharapkan robot LINKO yang dirancang selain bisa melatih kemampuan motorik otak anak, juga mampu mengembangkan kemampuan sosialisasi anak dengan teman temannya melalui banyak permainan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. L. A. a. P. D. G. R. Antunes, "A Dynamic STEM-Driven Approach through Mobile Robotics to Enhance Critical Thinking and Interdisciplinary Skills for Empowering Industry 4.0 Competencies," *Technologies*, vol. 11, no. 3, 2023.
- [2] M. V. S. a. A. A. D. S. Souza, "Educational Robotics as a Motivational Tool for the English Teaching-Learning Process for Children," dalam *2018 Latin American Robotic Symposium, 2018 Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and 2018 Workshop on Robotics in Education (WRE)*, João Pessoa, Brazil, 2018.
- [3] B. B. W. a. M. B. Wicaksono, "PERANCANGAN ROBOT EDUKASI SEBAGAI IMPLEMENTASI INTERDISIPLINER KEILMUAN REKAYASA



- MEKATRONIKA DENGAN DESAIN PRODUK," *Journal SENI RUPA DESAIN*, vol. 25, no. 2, pp. 105-114, 2022.
- [4] WAHYUJATI dan B. Bintari, "Aplikasi metode Morphological Chart pada perancangan Robot Belajar Baca (ROBOCA) untuk anak usia dini," *roductum: Jurnal Desain Produk (Pengetahuan dan Perancangan Produk)*, vol. 5, no. 2, pp. 67-74, 2022.
- [5] B. A. Hidayatullah, F. Hadary dan E. D. Marindani, "Arduino-Based Robot with RFID Utilization as an Educational Media for Indonesian Traditional Folk Song and Pancasila," *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, vol. 12, no. 1, pp. 193-204, 2024.
- [6] S. Yuliani, A. Linarta, U. Rahmalisa dan S. Shalawati, "EVOCE Robot: Developing Prototypes and Teaching Young Learners English Vocabulary," *Journal of Robotics*, vol. 3, pp. 1-11, 2023.
- [7] A. Dochshanov dan M. Tramonti, "The Design and Implementation of an Open-source Programmable Bot for Educational Purposes," *Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage*, vol. 13, pp. 289-298, 2023.
- [8] "In-Depth: What is RFID? How It Works? Interface RC522 with Arduino," [Online]. Available: <https://lastminuteengineers.com/how-rfid-works-rc522-arduino-tutorial/>. [Diakses 2 April 2025].
- [9] A. Chatzopoulos, M. Kalogiannakis, S. Papadakis dan M. A. N. Papoutsidakis, "A Novel, Modular Robot for Educational Robotics Developed Using Action Research Evaluated on Technology Acceptance Model," *Educ. Sci*, vol. 12, no. 4, p. 274, 2022.
- [10] A. S. Borges, I. D. C. Montano, R. S. Junior dan a. C. A. G. Suarez, "Automatic solids feeder using fuzzy control: A tool for fed batch bioprocesses," *Journal of Process Control*, vol. 93, pp. 28-42, 2020.
- [11] L. Kamajaya, Fitri dan M. A. Santoso, "Watch winder based on the internet of things," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 30, no. 2, pp. 721-729, 2023.
- [12] S. Sirmayanti, M. Mimsyad, M. R. Saputra dan K. P. K. Dewi4, "Purwarupa Sistem Perangkap & Pembasmi Nyamuk Otomatis Berbasis Arduino Uno," dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, Makassar, 2023.
- [13] D. Rochman, "Development and 3D printing of a System with a Displacement of Increments of Less than 3mm Using Arduino UNO Programming," *Comput. Aided. Des. and Appl*, vol. 21, no. 3, pp. 536-550, 2024.
- [14] S. Meadthaisong dan T. Meadthaisong, "Smart Farming Using Internet of Thing(IoT) in Agriculture by Tangible Programming for Children," dalam *17th Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Telecommun. Inf. Technol. ECTI-CON*, Phuket, Thailand, 2020.

