



Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali Navigasi Mobile Robot Memanfaatkan Gerak Telapak Tangan

Hidayat^{1*}, Muhammad Rafli Khattami²

¹) Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia

²) Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipati Ukur No. 102 – 116, Bandung, Indonesia 40132

email: hidayat@email.unikom.ac.id

(Naskah masuk: 15 Juli 2024; direvisi: 18 Agustus 2024; diterima untuk diterbitkan: 19 Agustus 2024)

ABSTRAK – Pengendalian navigasi pada mobile robot merupakan hal yang sangat penting. Penelitian ini bertujuan merancang suatu sistem pengendalian navigasi mobile robot memanfaatkan gerakan telapak tangan. Skenario gerakan yang dirancang adalah gerakan maju, mundur, diam, belok kiri dan belok kanan pada mobile robot. Penelitian ini terdiri atas perancangan mekanik, perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Sistem yang dibangun terbagi atas dua bagian. Bagian pengendali gerak memuat Arduino Uno sebagai pemroses data, sensor akselerometer MPU-6050 sebagai pembaca gerak telapak tangan dan modul radio frekuensi nRF24L01+ sebagai pengirim data ke bagian penggerak mobile robot. Bagian penggerak mobile robot memuat Arduino Uno sebagai pemroses data, modul radio frekuensi nRF24L01+ sebagai penerima data, driver motor sebagai penggerak roda dan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi obyek di depan dan belakang mobile robot. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pengendalian navigasi gerak robot dapat berfungsi dengan baik dengan jarak komunikasi maksimal sejauh 16 meter dan mobile robot akan berhenti ketika terdapat benda di depan atau belakang mobile robot pada jarak 15 cm. Hasil pengendalian navigasi ini dapat bermanfaat untuk penjelajahan mobile robot dalam area yang berbahaya.

Kata Kunci – Robot beroda; Radio Frekuensi; Sistem Pengendalian Navigasi; Gerak Telapak Tangan, Akselerometer.

Design and Implementation of a Mobile Robot Navigation Control System Using Palm Movements

ABSTRACT – Navigation control in mobile robots is of great importance. This research aims to design a navigation control system for mobile robots utilizing hand movements. The designed movement scenarios include moving forward, backward, stopping, turning left, and turning right on the mobile robot. This research comprises mechanical design, hardware design, and software design. The system developed is divided into two parts. The motion controller includes an Arduino Uno as the data processor, an MPU-6050 accelerometer sensor for reading hand movements, and an nRF24L01+ radio frequency module for transmitting data to the mobile robot's driving section. The mobile robot's driving includes an Arduino Uno as the data processor, an nRF24L01+ radio frequency module as the data receiver, a motor driver for wheel movement, and an ultrasonic sensor for detecting objects in front of and behind the mobile robot. Testing results show that the navigation control system works well with a maximum communication distance of 16 meters, and the mobile robot stops when there is an object within 15 cm in front of or behind the robot. This navigation control system can be beneficial for mobile robot exploration in hazardous areas.

Keywords – Accelerometer; Arduino Uno; Mobile Robot; Navigation System; Palm Movement; Radio Frequency.

1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan industri 4.0[1], teknologi

robot memiliki peran penting dalam berbagai bidang, seperti pertanian, kedokteran, kesehatan [2]–

[7]. Penerapan teknologi robotika dapat meningkatkan produktifitas pada bidang pertanian [2]. Selain, itu peran robotika dapat membantu pekerjaan manusia mulai dari pekerjaan yang ringan hingga pekerjaan yang berbahaya jika dikerjakan manusia secara langsung [6], [7].

Pengendalian navigasi mobile robot menjadi salah satu faktor yang mendukung keberhasilan mobile robot dalam menyelesaikan tujuannya. Sistem navigasi ini berperan dalam membantu mobile robot bergerak dari satu lokasi ke lokasi lainnya dengan baik. Pengendalian navigasi pada mobile robot ini dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat kendali seperti *remote control* atau *joystick*, *smartphone*, komputer berbasis tampilan visual berbasis GUI (*Graphical User Interface*) [8], [9]. Namun, tentunya pengendalian navigasi robot menggunakan perangkat seperti ini dinilai kurang praktis. Selain itu, pengendalian navigasi mobile robot juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan anggota tubuh manusia seperti gerak jari tangan maupun gerak tangan sehingga pengendalian navigasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan komponen sensor yang ditempelkan pada jari maupun tangan [10]–[12].

Pada perkembangannya, penelitian yang membahas penggunaan sensor sebagai metode pembacaan gerak tangan telah banyak dilakukan. Sebagai contoh, pada penelitian yang dilakukan dalam penelitian [13]–[15] membahas pemanfaatan sensor akselerometer ataupun *flexible sensor* untuk pengontrolan sistem navigasi robot melalui gerak tangan. Sementara itu, pada penelitian [11] memanfaatkan sensor elektromiografi pada jari-jari tangan untuk mengendalikan gerak pada robot kursi roda. Media komunikasi yang digunakan pada penelitian di atas di antaranya menggunakan kabel maupun nirkabel. Media komunikasi nirkabel yang digunakan adalah media Bluetooth sehingga jarak capaiannya terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem kendali navigasi mobile robot melalui pergerakan telapak tangan dengan memanfaatkan sensor akselerometer MPU-6050 untuk mengatur gerak mobile robot dengan media komunikasi menggunakan radio frekuensi sehingga diharapkan komunikasinya dapat dilakukan dengan jarak jauh. Sensor akselerometer terpasang pada bagian luar sarung tangan. Sementara itu, sensor ultrasonik ditempatkan pada bagian depan dan belakang mobile robot untuk mendeteksi obyek di depan dan belakang mobile robot agar mobile robot tidak menabrak obyek tersebut. Adapun pengiriman dan penerimaan data dilakukan secara nirkabel menggunakan modul radio frekuensi. Harapannya, sistem yang dirancang dapat menjadi model pengendalian mobile robot yang dapat beroperasi

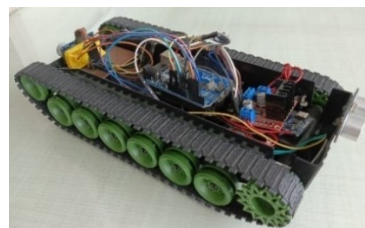
dalam lingkungan yang sulit dijangkau dan dilalui oleh manusia dengan memanfaatkan sensor akselerometer dan sensor ultrasonik.

2. METODE DAN BAHAN

Pada penelitian ini terdiri atas tiga perancangan, yaitu perancangan mekanik mobile robot, perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Tahap perancangan mekanik mobile robot adalah tahapan menentukan bentuk robot yang akan digunakan dalam penelitian. Tahap perancangan perangkat keras adalah tahapan menentukan komponen-komponen yang akan digunakan dalam penelitian. Adapun pada tahap perancangan perangkat lunak terdiri atas perancangan skenario gerak dan penyusunan alur program pada tiap bagian dalam sistem agar mobile robot dapat bergerak sesuai dengan skenario.

Perancangan bentuk robot

Model mobile robot yang digunakan pada penelitian ini adalah model robot tank. Bentuk model mobile robot ditampilkan pada Gambar 1. Mobile robot tersebut memiliki dimensi panjang 30 cm, lebar 15 cm dan tinggi 7 cm. Bahan badan mobile robot terbuat dari bahan plastik dan memiliki masing-masing 7 roda pasif dan 1 roda aktif pada setiap sisinya. Pada roda-roda tersebut dilapisi karet yang disebut dengan *continuous track*. Selain itu mobile robot ini mempunyai akuator yang terdiri dari 2 buah dinamo motor DC dengan kebutuhan tegangan 3v-6v.



Gambar 1. Model mobile robot

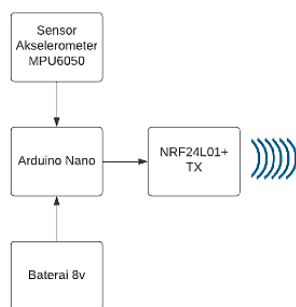
Perancangan perangkat keras

Pada sistem ini terdiri atas dua bagian, yaitu bagian pengendali gerak dan bagian penggerak mobile robot. Pada bagian pengendali gerak berfungsi mendeteksi pergerakan telapak tangan sebagai navigasi mobile robot secara nirkabel. Sementara itu, bagian penggerak mobile robot berfungsi menerjemahkan data dari pengendali gerak untuk menggerakkan mobile robot dan mendeteksi ada tidaknya obyek di depan dan belakang mobile robot.

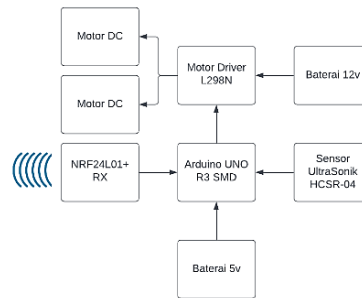
Bagian pengendali gerak memuat tiga komponen utama, yaitu sensor akselerometer MPU6050, Arduino Uno dan modul Radio Frekuensi nRF24L01+ (dapat dilihat pada Gambar 2). Sensor akselerometer MPU6050 dapat diterapkan dalam mendeteksi gerakan tangan [16], [17].

Sensor ini akan membaca kemiringan telapak tangan dalam dua axis yaitu X (*pitch*) dan Y (*roll*). Nilai *pitch* dan *roll* tersebut digunakan untuk menentukan pergerakan mobile robot (Belok kiri, diam, belok kanan, maju atau mundur). Arduino Uno digunakan untuk mengolah hasil pembacaan sensor akselerometer MPU6050 dan mengirimkan data tersebut melalui modul Radio Frekuensi nRF24L01+ (*transmitter*) ke pada bagian penggerak mobile robot. Radio Frekuensi nRF24L01+ ini bekerja pada frekuensi 2,400 hingga 2,4835GHz dengan modulasi GFSK. Pada penelitian [18]–[21], modul nRF24 ini efektif diterapkan dalam pengiriman data komunikasi secara nirkabel. Blok diagram untuk bagian pengendali gerak ditunjukkan pada Gambar 2.

Adapun bagian penggerak mobile robot menggunakan empat komponen utama, yaitu Arduino Uno, modul driver motor, modul Radio Frekuensi nRF24L01+ dan sensor ultrasonik HC-SR04. Radio Frekuensi nRF24L01+ (*receiver*) berfungsi untuk menerima data yang dikirim oleh bagian pengendali gerak. Selanjutnya, Arduino Uno berfungsi untuk mengolah data tersebut untuk menjadi gerak mobile robot dengan mengaktifkan driver motor sesuai data yang diterima. Sementara itu, sensor ultrasonik HC-SR04 atau *High-Conductance Ultrasonic Sensor* yang terdiri dari *transmitter* dan *receiver*. Sensor ini digunakan untuk mengukur jarak tanpa kontak fisik dan menggunakan gelombang suara untuk menentukan akurasi pengukurannya. Sensor ini digunakan berfungsi untuk mendeteksi benda atau obyek yang berada di depan dan belakang mobile robot sehingga mobile robot dapat berhenti ketika terdapat obyek pada jarak tertentu. Sensor HC-SR04 ini dinilai akurat dalam mendeteksi rintangan robot[22]. Blok diagram untuk bagian penggerak mobile robot ditunjukkan pada Gambar 3.



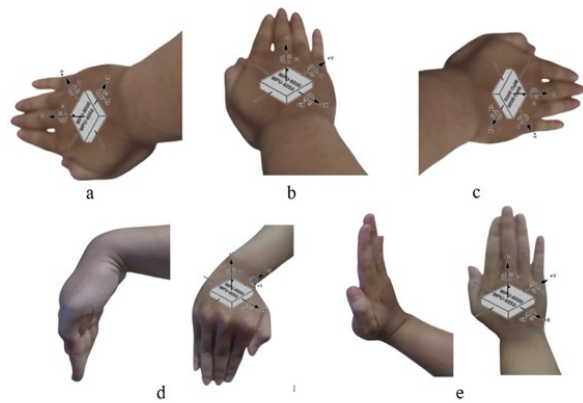
Gambar 2. Diagram blok sistem pengendali gerak



Gambar 3. Diagram blok sistem penggerak mobile robot

Perancangan skenario gerak

Pada penelitian ini dirancang lima skenario gerakan tangan untuk mengatur pergerakan mobile robot yang diterapkan dalam sistem navigasi. Kelima gerakan tersebut adalah diam, belok kiri, belok kanan, maju dan mundur. Sensor akselerometer MPU6050 diletakkan pada bagian atas sarung tangan sehingga terletak pada bagian punggung telapak tangan pada saat digunakan. Penempatan ini untuk mendeteksi perbedaan gerakan tangan tersebut. Selanjutnya, sensor akselerometer MPU6050 akan mengirimkan data *pitch* dan *roll* yang terbaca ke sistem untuk diolah menjadi pergerakan mobile robot. Gambar 4 menampilkan ilustrasi pergerakan telapak tangan untuk menentukan navigasi mobile robot. Penjelasan masing-masing gerakan ditampilkan pada Tabel 1.



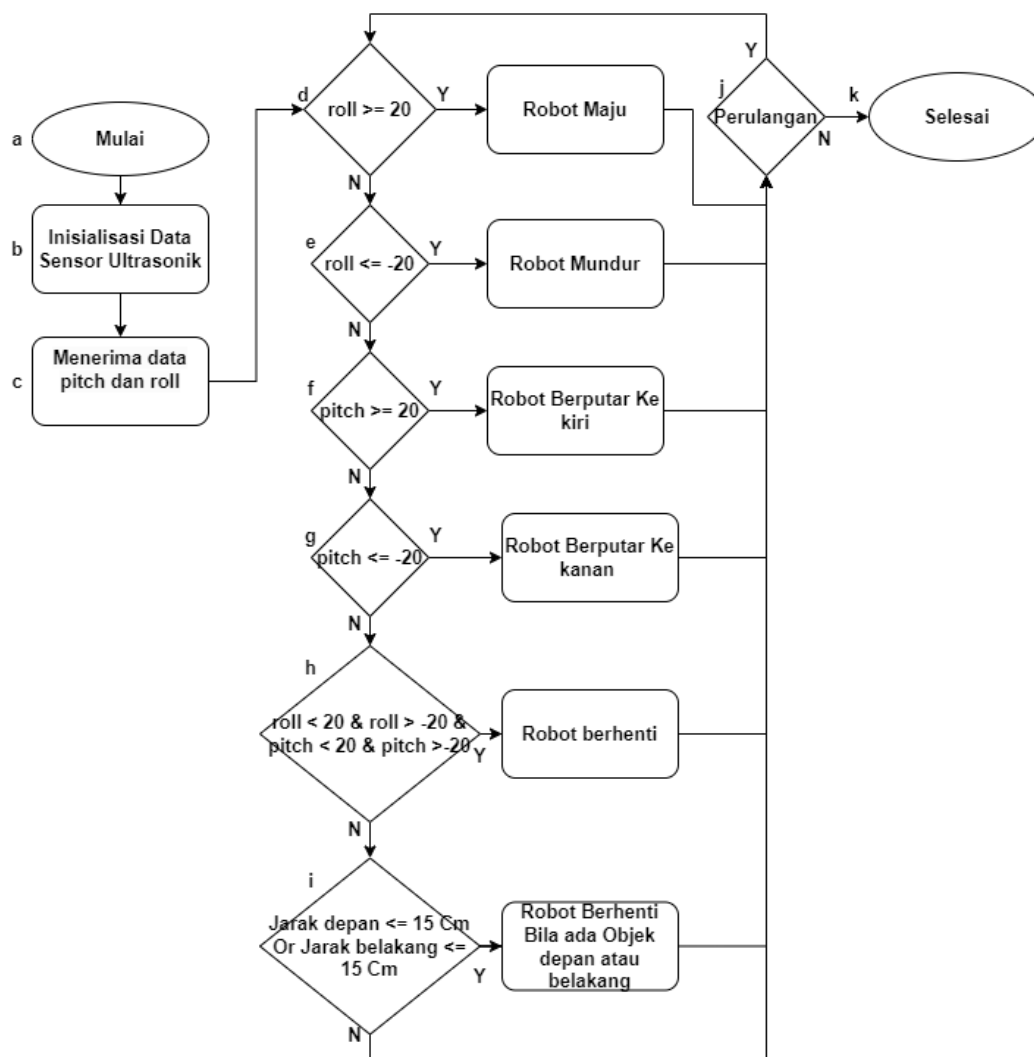
Gambar 4. Skenario gerakan tangan

Tabel 1. Skenario gerak mobile robot

No	Skenario	Keterangan	Pergerakan Robot
1	Belok Kiri	Memutar pergelangan tangan ke kiri (Gambar 4a)	Belok kiri atau berputar ke kiri
2	Diam	Telapak tangan lurus (Gambar 4b)	Tidak bergerak
3	Belok Kanan	Memutar pergelangan tangan ke kanan (Gambar 4c)	Belok kanan atau berputar ke kanan
4	Maju	Menggerakan pegelangan tangan ke atas tegak lurus (Gambar 4d)	Maju

5 Mundur Menekuk Mundur
 pegelangan tangan
 ke bawah tegak
 lurus (Gambar 4e)

kanan adalah -20. Jika nilai *roll* maupun *pitch* di luar nilai di atas maka didefinisikan untuk diam (tidak bergerak).



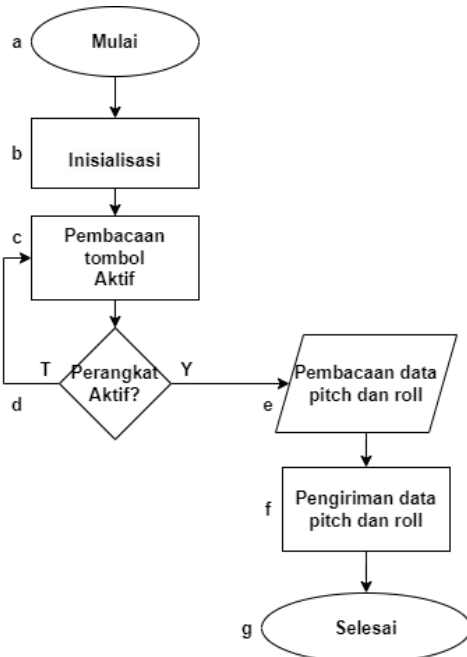
Gambar 6. Diagram alir penggerak mobile robot

Perancangan perangkat lunak

Adapun pada perancangan diagram alir terdiri atas dua diagram alir, yaitu diagram alir pengendali gerak robot (Gambar 5) dan diagram alir penggerak mobile robot (Gambar 6). Pada diagram alir pengendali gerak, program diawali dengan proses inisialisasi variabel. Setelah perangkat diaktifkan, perangkat akan membaca data kemiringan *pitch* dan *roll* dari sensor akselerometer MPU6050. Data yang terbaca akan dikirimkan melalui modul Radio Frekuensi nRF24L01+ ke bagian penggerak mobile robot. Hasil kalibrasi sensor akselerometer diperoleh bahwa nilai data *roll* untuk mulai bergerak maju adalah 20, sedangkan nilai data *roll* untuk mulai bergerak mundur adalah -20. Sementara itu, nilai data *pitch* untuk mulai berputar ke kiri adalah 20, sedangkan nilai data *pitch* untuk mulai berputar ke

Adapun diagram alir penggerak mobile robot ditunjukkan pada Gambar 6. Program diawali dengan inisialisasi variabel dan pengaturan lainnya. Selanjutnya, program akan menerima data *pitch* dan *roll* dari bagian pengendali gerak. Kemudian program akan membandingkan data tersebut dengan nilai-nilai yang mendefinisikan gerak mobile robot. Jika nilai variabel *roll* ≥ 20 maka robot akan bergerak maju. Jika nilai variabel *roll* ≤ -20 maka robot akan bergerak mundur. Jika nilai variabel *pitch* ≥ 20 maka robot akan bergerak berputar ke kiri. Jika nilai variabel *pitch* ≤ -20 maka robot berputar ke kanan. Jika nilai variabel *roll* < 20 , *roll* > -20 , *pitch* < 20 dan *pitch* > -20 maka robot akan diam. Selanjutnya, jika robot mendeteksi objek di depan dan belakang dengan jarak ≤ 15 cm maka robot akan berhenti. Nilai-nilai di atas telah ditentukan lebih awal pada

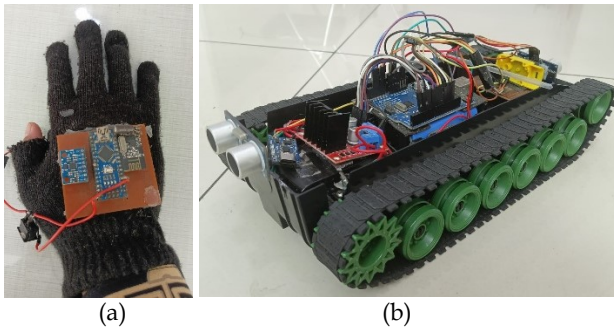
bagian perancangan perangkat keras melalui pengkalibrasian sensor akselerometer MPU6050.



Gambar 5. Diagram alir pengendali gerak

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk fisik hasil perancangan sistem diperlihatkan pada Gambar 7. Bagian pengendali gerak ditempatkan bagian atas sarung tangan (Gambar 7a). Bagian penggerak mobile robot ditempatkan pada model mobile robot (Gambar 7b).



Gambar 7. Bentuk fisik sistem yang dirancang, a) Bagian pengendali gerak, b) Mobile robot dan sistem penggeraknya

Pengujian jarak komunikasi

Pengujian jarak komunikasi dilakukan untuk mengetahui jarak terjauh yang dapat dijangkau oleh modul nRF24L01+ ketika mengirimkan data *pitch* dan *roll* dari bagian pengendali gerak ke bagian penggerak mobile robot secara nirkabel. Pengujian dilakukan pada ruang terbuka namun tidak ada suara gangguan yang signifikan. Hasil pengujian jarak komunikasi ini ditunjukkan pada Tabel 2. Jarak komunikasi terjauh adalah 16 meter. Pada jarak ini data masih dapat terbaca dengan baik. Namun, pada jarak ke 17 hingga 19 meter komunikasi mulai

terputus-putus sehingga data yang diterima tidak stabil. Sementara itu, pada jarak 20 meter komunikasi sudah tidak terhubung sehingga data tidak dapat diterima oleh bagian penggerak mobile robot.

Tabel 2. Hasil pengujian jarak komunikasi ruang terbuka

Jarak (Meter)	Kondisi Koneksi
1	Terhubung
2	Terhubung
3	Terhubung
4	Terhubung
5	Terhubung
6	Terhubung
7	Terhubung
8	Terhubung
9	Terhubung
...	...
16	Terhubung
17	Terputus-putus
18	Terputus-putus
19	Terputus-putus
20	Tidak terhubung

Pengujian skenario gerakan diam

Gerak diam pada mobile robot diharapkan terjadi ketika telapak tangan (yang telah dipasangkan perangkat pengendali gerak) pada posisi datar dengan bagian muka telapak menghadap ke bawah dan punggung telapak ke atas (Gambar 8). Pengujian dilakukan dengan sedikit memiringkan posisi telapak tangan per 5 derajat hingga mencapai 20 derajat. Tabel 3 menampilkan hasil pengujian gerak diam pada mobile robot. Pada pengujian kemiringan dari 0° hingga 15°, mobile robot tidak bergerak (diam). Namun, ketika mulai pada nilai kemiringan 20° diperoleh nilai *roll* antara 20 sampai dengan 22 dan nilai *pitch* antara 1 sampai dengan 2 yang menyebabkan mobile robot bergerak maju. Hasil ini menunjukkan bahwa mobile robot akan diam ketika posisi kemiringan tidak lebih dari 20 derajat.



Gambar 8. Pengujian posisi telapak tangan untuk skenario diam

Tabel 3. Pengujian skenario gerakan tangan diam

No	Kemiringan	Nilai Roll		Nilai Pitch		Gerak robot
		Min	Max	Min	Max	
1	0°	0	1	0	1	Diam
2	5°	5	6	2	3	Diam
3	10°	10	12	1	2	Diam
4	15°	15	16	2	3	Diam
5	20°	20	22	1	2	Maju

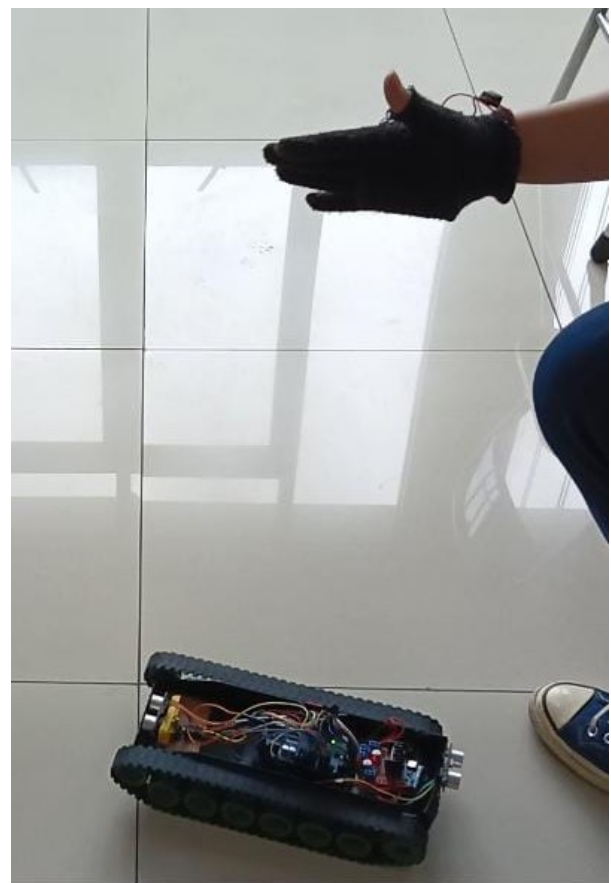
Pengujian skenario belok kiri dan belok kanan

Pengujian gerak belok kiri dan belok kanan dilakukan dengan memiringkan telapak tangan dari posisi telungkup ke kiri (untuk gerak belok kiri) dan ke kanan (untuk gerak belok kanan). Posisi telapak tangan untuk skenario belok kiri ditampilkan pada Gambar 9, sedang posisi telapak tangan untuk skenario belok kanan ditampilkan pada Gambar 10. Tabel 4 dan Tabel 5 menampilkan data nilai *pitch* ketika telapak tangan dimiringkan ke kiri untuk menghasilkan gerakan mobile robot ke kiri dan ke kanan untuk menghasilkan gerakan mobile robot ke kanan. Pergerakan belok kiri berhasil dilakukan pada kemiringan 20° sampai dengan 90° dengan nilai *pitch* antara 20 hingga 90. Kemiringan di atas 90° hingga 180° menyebabkan mobile robot diam. Sementara itu, pergerakan belok kanan berhasil dilakukan pada kemiringan 270° sampai dengan 350° dengan nilai *pitch* antara -90 hingga -20. Kemiringan di atas 180° hingga 260° juga menyebabkan mobile robot diam.

Tabel 4. Pengujian skenario gerakan tangan belok kiri

Kemiringan telapak tangan	Nilai Pitch terbaca	Gerak robot
0°	0	Robot diam
10°	10	Robot diam
20°	20	Robot belok kiri
30°	29	Robot belok kiri
40°	40	Robot belok kiri
50°	50	Robot belok kiri

60°	60	Robot belok kiri
70°	71	Robot belok kiri
80°	80	Robot belok kiri
90°	90	Robot belok kiri
100°	100	Robot diam
110°	110	Robot diam
120°	129	Robot diam
130°	130	Robot diam
140°	140	Robot diam
150°	148	Robot diam
160°	159	Robot diam
170°	168	Robot diam
180°	177	Robot diam



Gambar 9. Pengujian posisi telapak tangan untuk skenario gerak belok kiri

Tabel 5. Pengujian skenario gerakan tangan belok kanan

Kemiringan telapak tangan	Nilai Pitch terbaca	Gerak robot
0°	0	Robot diam
350°	-10	Robot diam
340°	-20	Robot belok kanan
330°	-31	Robot belok kanan
320°	-39	Robot belok kanan
310°	-49	Robot belok kanan
300°	-60	Robot belok kanan
290°	-69	Robot belok kanan
280°	-78	Robot belok kanan

270°	-90	Robot belok kanan
260°	-100	Robot diam
250°	-111	Robot diam
240°	-120	Robot diam
230°	-130	Robot diam
220°	-140	Robot diam
210°	-148	Robot diam
200°	-159	Robot diam
190°	-169	Robot diam
180°	-179	Robot diam



Gambar 10. Pengujian posisi telapak tangan untuk skenario gerak belok kanan

Pengujian skenario gerak maju dan mundur

Pengujian gerak maju dan mundur dilakukan dengan menekuk telapak tangan ke bawah (untuk gerak maju) dan ke bawah (untuk gerak mundur). Posisi telapak tangan untuk skenario gerak maju ditampilkan pada Gambar 11, sedang posisi telapak tangan untuk skenario gerak mundur ditampilkan pada Gambar 12. Tabel 6 dan Tabel 7 menampilkan data nilai *roll* ketika telapak tangan ditekuk ke bawah dan ke atas untuk menghasilkan gerakan maju dan mundur. Pergerakan maju berhasil dilakukan oleh penggerak mobile robot pada kondisi derajat kemiringan 270° sampai dengan 340° dengan nilai *roll* antara 20 hingga 90 (lihat Tabel 6). Pada kemiringan 350° dengan nilai *roll* 10 dan kemiringan

di bawah 260° hingga 180° dengan nilai *roll* antara 100 hingga 177 mobile robot akan berhenti atau diam. Sementara itu, pada pengujian gerak mundur, mobile robot berhasil melakukan gerak mundur pada derajat kemiringan 20° sampai dengan 90° dengan nilai *roll* antara -90 hingga -20 (lihat Tabel 7). Pada kemiringan 10° dengan nilai *roll* -10 dan kemiringan di atas 100° hingga 180° dengan nilai *roll* antara -100 hingga -176 mobile robot akan berhenti atau diam.

Tabel 6. hasil pengujian skenario gerakan tangan maju

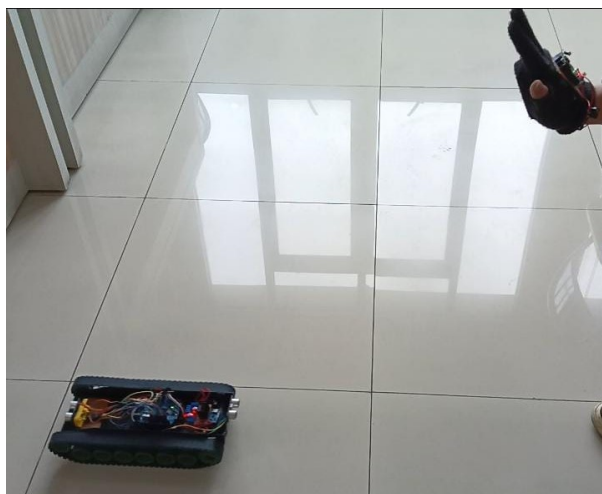
Kemiringan telapak tangan	Nilai Roll terbaca	Gerak robot
0°	1	Robot diam
350°	10	Robot diam
340°	20	Robot maju
330°	30	Robot maju
320°	41	Robot maju
310°	52	Robot maju
300°	62	Robot maju
290°	70	Robot maju
280°	81	Robot maju
270°	90	Robot maju
260°	100	Robot diam
250°	110	Robot diam
240°	120	Robot diam
230°	130	Robot diam
220°	140	Robot diam
210°	148	Robot diam
200°	159	Robot diam
190°	168	Robot diam
180°	177	Robot diam

Tabel 7. Pengujian skenario gerakan tangan mundur

Kemiringan telapak tangan	Nilai Roll terbaca	Gerak robot
0	-1	Robot diam
10°	-10	Robot diam
20°	-20	Robot mundur
30°	-30	Robot mundur
40°	-41	Robot mundur
50°	-52	Robot mundur
60°	-62	Robot mundur
70°	-70	Robot mundur
80°	-81	Robot mundur
90°	-90	Robot mundur
100°	-100	Robot diam
110°	-110	Robot diam
120°	-120	Robot diam
130°	-130	Robot diam
140°	-141	Robot diam
150°	-149	Robot diam
160°	-160	Robot Diam
170°	-168	Robot diam
180°	-176	Robot diam



Gambar 11. Pengujian posisi telapak tangan untuk skenario gerak maju



Gambar 12. Pengujian posisi telapak tangan untuk skenario gerak mundur

Pengujian pendeteksian obyek

Pengujian pendeteksian obyek ini dilakukan untuk memastikan sensor ultrasonik HC-SR04 yang dipasang pada bagian depan dan bagian belakang robot dapat menghindarkan mobile robot dari tabrakan. Benda atau obyek yang dapat dideteksi oleh robot minimal memiliki tinggi 6 cm. Pada penelitian ini, jarak aman mobile robot untuk berhenti adalah 15 cm sehingga ketika terdeteksi obyek oleh sensor ultrasonik dengan jarak lebih kecil sama dengan 15 cm, maka robot langsung berhenti.

Hasil pengujian secara keseluruhan menunjukkan bahwa setiap sensor yang digunakan telah berfungsi dengan baik. Sensor akselerometer MPU6050 pada bagian pengendali gerak dapat membaca setiap perubahan kemiringan telapak tangan dengan baik. Data tersebut dapat diterjemahkan oleh bagian

penggerak untuk menggerakkan mobile robot sesuai dengan pergerakan telapak tangan. Selain itu, sensor ultrasonik dapat mendeteksi benda yang terletak di depan maupun belakang mobile robot sehingga mobile robot tersebut tidak akan menabrak benda tersebut.

4. KESIMPULAN

Hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem navigasi robot beroda menggunakan akselerometer telah berfungsi dengan baik. Penggunaan sensor akselerometer MPU-6050 telah berhasil mengendalikan navigasi pergerakan robot beroda. Robot tersebut dapat bergerak maju, mundur, belok kiri dan belok kanan dengan baik sesuai dengan skenario gerakan tangan (akselerometer). Selain itu robot dapat dikendalikan secara nirkabel memanfaatkan modul radio frekuensi nRF24L01+ dengan jarak maksimum 16 meter di ruang tanpa *noise*. Penggunaan sensor ultrasonik HC-SR04 telah berhasil dimanfaatkan untuk mendeteksi objek di depan dan belakang mobile robot sehingga mobile robot tersebut akan berhenti ketika mendeteksi adanya objek pada jarak 15 cm. Penelitian lebih lanjut adalah mengembangkan sistem komunikasi sehingga mobile robot dapat dikendalikan pada jarak yang lebih jauh. Selain itu, penambahan modul kamera dapat membantu pengendali untuk mengetahui lingkungan di sekitar robot beroda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Komputer Indonesia yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Internal No. 067/SP/DP3M/UNIKOM/XII/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ghobakhloo, "Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability," *J. Clean. Prod.*, vol. 252, p. 119869, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119869.
- [2] S. S. Valle and J. Kienzie, "Agriculture 4.0 - Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production," in *Integrated Crop Management*, vol. 24, Rome: FAO, 2020, pp. 5-8.
- [3] H. S. Kang, I. S. Koh, K. Makimoto, and M. Yamakawa, "Nurses' perception towards care robots and their work experience with socially assistive technology during COVID-19: A qualitative study," *Geriatr. Nurs. (Minneap)*, vol. 50, pp. 234-239, 2023, doi: 10.1016/j.gerinurse.2023.01.025.
- [4] Y. Chen and Z. Xu, "Article A multifunctional magnetic miniature truck robot for cargo loading and unloading A multifunctional

- magnetic miniature truck robot for cargo loading and unloading," *Cell Reports Phys. Sci.*, vol. 5, no. July, pp. 1–16, 2024, doi: 10.1016/j.xcrp.2024.102059.
- [5] C. Cheng, J. Fu, H. Su, and L. Ren, "Recent Advancements in Agriculture Robots: Benefits and Challenge," *Machines*, vol. 11, no. 48, pp. 1–24, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/machines11010048>.
- [6] H. Yu, H. He, X. Liang, H. Lin, D. Sun, and J. Fan, "Robotic-assisted laparoscopic radical hysterectomy for early-stage cervical cancer: The more experienced the bedside assistant, the better?," *Heliyon*, vol. 10, no. 11, p. e31741, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e31741.
- [7] S. I. Wahidi, S. Oterkus, and E. Oterkus, "Robotic welding techniques in marine structures and production processes: A systematic literature review," *Mar. Struct.*, vol. 95, pp. 1–22, 2024, doi: 10.1016/j.marstruc.2024.103608.
- [8] M. Y. Mustar and Y. Ardiyanto, "Perancangan Kendali Navigasi Robot Tank Secara Nirkabel Berbasis Sensor Accelerometer Berdasarkan Gerakan Tangan," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 87–98, 2018, doi: 10.24176/simet.v9i1.1866.
- [9] H. Sugiarto, R. P. Astutik, and P. P. S. Saputra, "Rancang bangun sistem kendali alat penanam padi otomatis berbasis IoT menggunakan ESP32 CAM," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 81–90, 2023, doi: 10.33379/gtech.v8i1.3553.
- [10] I. Iswahyudi, D. Irawan, and D. H. Aditia, "Kontrol pergerakan kursi roda elektrik berdasar pengenalan pola jari tangan dengan metode Convolutional-LSTM," *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 26, no. 1, pp. 59–68, 2024, doi: <https://doi.org/10.24912/tesla.v26i1.29503>.
- [11] A. M. I. Firasyan, F. A. Muhammad, and N. Martfa, "Design a Wheeled Robot Prototype For Package Delivery," *J. Serambi Eng.*, vol. IX, no. 3, pp. 10239–10249, 2024.
- [12] Y. E. Prasetyo, H. Hindarto, S. Syahrurini, and A. Wisaksono, "Wheelchair Control Using Bluetooth-Based Electromyography Signals," *J. Comput. Networks, Archit. High Perform. Comput.*, vol. 5, no. 1, pp. 148–159, 2023, doi: 10.47709/cnahpc.v5i1.2063.
- [13] B. A. Malar, R. Praveen, and K. P. Kavipriya, "Hand Gesture Control Robot," *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 9, no. 2, pp. 2814–2818, 2019, doi: 10.35940/ijitee.B7185.129219.
- [14] B. Prasetyo, K. Exaudi, and S. Sembiring, "Implementasi gerakan tangan terhadap navigasi robot beroda menggunakan teknik accelerometer," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 21, no. 2, pp. 142–147, 2021, doi: 10.23917/emitor.v21i2.14228.
- [15] P. Sihombing, R. B. Muhammad, H. Herriyance, and E. Elviwani, "Robotic Arm Controlling Based on Fingers and Hand Gesture," in *2020 3rd International Conference on Mechanical, Electronics, Computer, and Industrial Technology (MECnIT)*, Jun. 2020, pp. 40–45, doi: 10.1109/MECnIT48290.2020.9166592.
- [16] Y. Susanthi, A. Darmawan, and S. B. Suryadi, "Alat Pengenal Gerakan Tangan Menggunakan Algoritma Artificial Neural Network Berbasis ESP32 dan Platform Edge Impulse," *Techne J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 23, no. 1, pp. 77–94, Apr. 2024, doi: 10.31358/techne.v23i1.434.
- [17] N. S. H. Salim, N. Z. Azlan, H. I. Hassan, A. N. Nordin, and S. Hossen, "Full Hand Pose Recognition in Performing Daily Activities for Tele-Rehabilitation based on Decision Tree Algorithm," *MEKATRONIKA J. Mechatronics Intell. Manuf.*, vol. 6, no. 1, pp. 81–91, 2024.
- [18] H. K. Pandey, S. Negi, L. Kothari, A. Jaiswal, S. Thapliyal, and M. Singh, "Development of a Versatile Wireless Control System Using nRF24L01 Transceiver and Arduino Unit," in *2023 International Conference on Computational Intelligence for Information, Security and Communication Applications (CIISCA)*, Jun. 2023, pp. 103–108, doi: 10.1109/CIISCA59740.2023.00030.
- [19] B. Babusiak and M. Smondrk, "Building a Wireless Sensor Network with nRF24 Module for Home Security: Design and Implementation," in *2024 47th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*, Jul. 2024, pp. 315–319, doi: 10.1109/TSP63128.2024.10605919.
- [20] E. Saletović, E. Babović, and Đ. Hadžić, "Maintaining a stable point-to-point remote control link based on transceivers nRF24L01+ PA/LNA in presence of interferences," in *2023 22nd International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)*, Mar. 2023, pp. 1–5, doi: 10.1109/INFOTEH57020.2023.10094147.
- [21] M. S. Benyeogor, O. I. Lawal, N. O. Ibigbami, O. M. Shotade, A. A. Dahiru, and O. O. Olakanmi, "A Telematic Control Framework for Multi-actuated Robots Using NRF24L01-Enabled Multisignal RF Device and Algorithms," in *Advanced Technology for Smart Environment and Energy*, 2024, pp. 1–17.
- [22] D. Z. Yanmida, A. S. Imam, and S. A. Alim, "Obstacle Detection and Anti-Collision Robot Using Ultrasonic Sensor," *Elektr. J. Electr. Eng.*, vol. 22, no. 1, pp. 11–14, 2023, doi: 10.11113/elektrika.v22n1.404.