

# Prototype Integrasi Lengan Robot, Roda Tank, dan GPS Neo-6M untuk Optimasi Robot Pemindah Barang di Wilayah Bencana

Farrel Muhammad Riva Putra<sup>\*1</sup>, Akhmad Fakhri Yusdar<sup>2</sup>, Fairuz Zahra Laily Ramadhani<sup>3</sup>, Putri Havindra<sup>4</sup>, Dedi Rimantho<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>MAN 2 Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

E-mail : farrelmuhammadrivaputra@gmail.com<sup>1</sup> akhmadfakhri8@gmail.com<sup>2</sup> lailyramadhani70@gmail.com<sup>3</sup> putrihavindra13@gmail.com<sup>4</sup> rimanthotoraja@gmail.com<sup>5</sup>

**Abstrak.** Indonesia merupakan negara dengan tingkat kerawanan bencana tinggi, sehingga distribusi logistik cepat dan tepat menjadi tantangan besar. Penelitian ini bertujuan merancang robot pemindah barang adaptif dengan roda tipe tank, GPS u-blox NEO-6M, dan lengan 4 DOF, sekaligus menguji akurasi navigasi serta kemampuan angkutnya. Hasil menunjukkan rata-rata penyimpangan GPS sebesar 5,3 meter di ruang terbuka dan 9,9 meter di ruang tertutup. Lengan robot mampu mengangkat benda hingga 115 gram dengan permukaan kasar, tetapi gagal pada objek licin. Temuan ini menegaskan bahwa robot dapat berfungsi sebagai prototipe awal pendukung distribusi logistik bencana, meskipun masih memerlukan penyempurnaan pada gripper dan sistem navigasi.

**Kata kunci :** robot adaptif; lengan robot 4 dof; roda tank; gps neo-6m; logistik bencana.

**Abstract.** *Indonesia is a country with a high level of disaster vulnerability, making fast and accurate logistics distribution a major challenge. This study aims to design an adaptive goods transport robot with tank-type wheels, u-blox NEO-6M GPS, and a 4 DOF arm, while testing its navigation accuracy and transport capabilities. The results show an average GPS deviation of 5.3 meters in open spaces and 9.9 meters in closed spaces. The robot arm is capable of lifting objects weighing up to 115 grams with rough surfaces, but fails with slippery objects. These findings confirm that the robot can function as an initial prototype to support disaster logistics distribution, although improvements are still needed in the gripper and navigation system.*

**Keywords :** adaptive robot; 4 dof robotic arm; tank wheels; neo-6m gps; disaster logistic.

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat kerawanan bencana alam yang sangat tinggi. Kondisi geografis Indonesia yang berada di pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia, yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik, serta beriklim tropis menjadikannya rentan terhadap berbagai jenis bencana alam seperti gempa bumi, tsunami, letusan gunung berapi, banjir, tanah longsor, dan badi siklon tropis [1][2]. Data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menunjukkan bahwa ribuan kejadian bencana terjadi setiap tahun dan menimbulkan dampak signifikan terhadap kehidupan masyarakat, kerusakan infrastruktur, serta terganggunya distribusi logistik [3].

Permasalahan utama pada tahap pascabencana adalah terhambatnya distribusi bantuan logistik akibat kerusakan infrastruktur transportasi seperti jalan dan jembatan. Kondisi tersebut

menyebabkan keterlambatan penyaluran bantuan, padahal faktor waktu sangat krusial dalam upaya penyelamatan korban dan pemenuhan kebutuhan dasar [4][5]. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi teknologi yang mampu mendukung distribusi logistik secara cepat, aman, dan efisien di wilayah terdampak bencana.

Salah satu inovasi yang banyak dikembangkan untuk menjawab permasalahan tersebut adalah pemanfaatan robot pemindah barang. Robot ini dirancang untuk mengangkut beban, bergerak secara otonom, serta mampu menavigasi medan yang sulit dijangkau manusia [6]. Penggunaan robot dalam penanganan bencana memiliki keunggulan dalam mengurangi risiko bagi relawan, meningkatkan kontinuitas operasi, serta mempercepat proses distribusi logistik darurat [7][8].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji pengembangan robot pemindah barang dengan pendekatan yang beragam. Khalish dkk. (2025) mengembangkan sistem navigasi robot berbasis GPS u-blox NEO-6M V2 yang menunjukkan tingkat presisi tinggi pada medan datar [4]. Julianto (2018) merancang robot pemindah barang menggunakan sensor inframerah dan ultrasonik, namun pengujinya masih terbatas pada lingkungan laboratorium [9]. Penelitian Yulianto (2019; 2020) menekankan penggunaan GPS real-time untuk pelacakan posisi robot bergerak, meskipun belum difokuskan pada medan ekstrem pascabencana [10][11]. Sementara itu, Ramdhoni (2023) mengintegrasikan sensor MPU6050 dan GPS untuk meningkatkan stabilitas navigasi, namun masih memiliki keterbatasan pada kondisi medan yang sangat tidak terstruktur [12].

Dari sisi mobilitas, Fauzan dan Rachmat (2022) menunjukkan bahwa penggunaan roda tipe tank mampu meningkatkan stabilitas dan daya jelajah robot pada medan berpasir dan berbatu [13]. Selain itu, Wijaya dkk. (2021) membuktikan bahwa lengan robot multi-degree of freedom (DOF) memiliki fleksibilitas tinggi dalam manipulasi objek pada lingkungan yang tidak terstruktur [14]. Penelitian lain juga menegaskan bahwa integrasi sistem navigasi, mekanisme roda, dan lengan robot sangat berpotensi meningkatkan performa robot dalam misi logistik dan penyelamatan [15].

Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada satu aspek tertentu, seperti sistem navigasi, desain roda, atau mekanisme lengan robot, sehingga belum banyak penelitian yang mengintegrasikan ketiga komponen tersebut ke dalam satu sistem robot yang tangguh untuk area bencana. Oleh karena itu, penelitian ini merancang robot pemindah barang adaptif yang mengintegrasikan roda tipe tank, lengan robot 4 DOF, serta sistem navigasi berbasis GPS u-blox NEO-6M. Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi bagaimana merancang robot yang mampu beroperasi secara efektif di medan sulit serta bagaimana kinerja robot dalam aspek mobilitas, akurasi pelacakan posisi, dan kapasitas angkut. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan robot pemindah barang yang tangguh dan adaptif untuk mendukung distribusi logistik darurat di wilayah terdampak bencana. Hipotesis penelitian ini menyatakan bahwa integrasi roda tipe tank, lengan robot 4 DOF, dan GPS akan meningkatkan stabilitas gerak, akurasi posisi, serta kemampuan manipulasi objek pada berbagai kondisi medan.

## 2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen sebagai pendekatan utama. Teknik eksperimen dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi dan mengukur performa robot secara langsung, termasuk kemampuan mobilitas, keakuratan pelacakan posisi, dan kapasitas angkut. Eksperimen dilakukan dengan mensimulasikan berbagai medan yang umum ditemui di wilayah bencana, mulai dari permukaan datar, berbatu, berpasir, hambatan alami yang menyerupai kondisi di lapangan bencana. Tujuan metode eksperimen ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas integrasi roda tank, lengan robot 4 DOF, dan sistem GPS U-BLOX NEO-6M dalam mengoptimalkan pemindahan barang.

### 2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah robot pemindah barang yang dikembangkan dengan integrasi:

- GPS U-BLOX NEO 6M untuk pelacakan posisi real-time,
- Lengan robot 4 DOF untuk pengambilan dan pengangkutan barang,

- Roda tipe tank digunakan untuk meningkatkan mobilitas di medan sulit, sekaligus menguji adaptasi, navigasi, dan stabilitas robot saat membawa beban.

## *2.2 Mekanisme dan Penggunaan*

Mekanisme kerja robot pemindah barang dalam penelitian ini dirancang dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama yang saling mendukung, yaitu sistem navigasi, sistem penggerak, dan sistem manipulasi. Setiap komponen memiliki peran yang spesifik namun terhubung satu sama lain untuk memastikan robot dapat bergerak, bernaligasi, serta memindahkan barang secara efektif. Mekanisme penggunaan robot dimulai dari pengendalian jarak jauh oleh operator, di mana robot diarahkan menuju lokasi tujuan berdasarkan informasi posisi yang diperoleh dari sistem navigasi. Selanjutnya, roda tipe tank berfungsi menjaga kestabilan dan mobilitas robot saat melewati berbagai kondisi medan, sementara lengan robot digunakan untuk melakukan pengambilan dan pemindahan barang. Integrasi mekanisme ini memungkinkan robot bekerja secara adaptif dalam mendukung pengujian mobilitas, akurasi navigasi, dan kemampuan manipulasi objek.

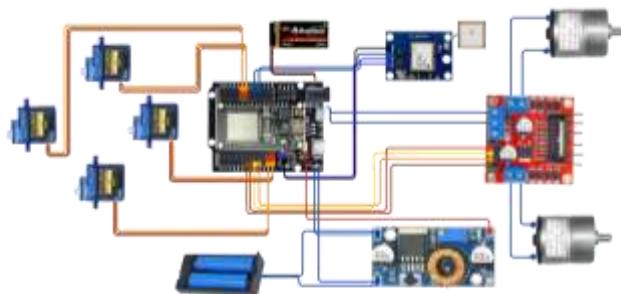
### *2.2.1 GPS U-BLOX NEO-6M*

GPS U-BLOX NEO-6M berfungsi sebagai sistem navigasi utama pada robot pemindah barang. Modul ini mampu memberikan data koordinat posisi secara real-time dengan tingkat akurasi horizontal hingga  $\pm 2,5$  meter pada kondisi lingkungan yang mendukung. Data koordinat yang diperoleh dari GPS dikirimkan ke mikrokontroler sebagai dasar dalam menentukan arah dan pergerakan robot menuju titik tujuan yang telah ditetapkan. Selain itu, sistem GPS ini juga dimanfaatkan untuk memantau deviasi atau penyimpangan posisi robot dari jalur yang direncanakan selama proses pengujian. Informasi tersebut digunakan sebagai bahan evaluasi untuk menilai kinerja sistem navigasi serta mengidentifikasi keterbatasan GPS, khususnya ketika robot dioperasikan pada ruang tertutup atau area dengan gangguan sinyal. Dengan demikian, GPS U-BLOX NEO-6M berperan penting dalam pengujian akurasi pelacakan dan efektivitas navigasi robot.

### *2.2.2 Lengan robot 4 DOF (Degree of Freedom)*

Lengan robot 4 DOF digunakan sebagai sistem manipulasi untuk mengambil, mengangkat, dan menempatkan barang secara presisi. Lengan ini memiliki empat titik gerak utama, yaitu pada bagian basis, bahu, siku, dan pergelangan tangan, yang memungkinkan lengan bergerak secara fleksibel dalam ruang tiga dimensi. Konfigurasi tersebut memberikan kemampuan penyesuaian posisi yang cukup baik saat berinteraksi dengan objek yang berada pada ketinggian atau sudut yang berbeda. Dalam penelitian ini, lengan robot diuji untuk menilai kemampuan manipulasi barang dengan variasi berat dan karakteristik permukaan. Selain itu, pengujian juga difokuskan pada ketepatan posisi saat proses pengambilan dan penempatan barang, guna mengetahui sejauh mana lengan robot mampu bekerja secara stabil dan akurat. Hasil pengujian lengan robot ini menjadi indikator penting dalam menilai efektivitas sistem manipulasi robot pemindah barang secara keseluruhan.

## *2.3 Rangkaian kabel Robot*



**Gambar 1.** Cable Map Prototype Robot Pemindah Barang

#### 2.4 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di berbagai lokasi di Kota Makassar yang mencakup ruang tertutup (indoor) dan ruang terbuka (outdoor). Pemilihan lokasi ruang tertutup dilakukan untuk memberikan kondisi terkontrol, sehingga pengujian dapat difokuskan pada aspek teknis robot seperti akurasi GPS, stabilitas roda tank, dan ketepatan lengan robot tanpa gangguan faktor lingkungan yang berlebihan. Sementara itu, lokasi ruang terbuka dipilih untuk mensimulasikan kondisi lapangan yang lebih nyata, dengan variasi medan yang tidak rata, adanya hambatan alami, serta kemungkinan gangguan sinyal GPS.

#### 2.5 Komponen dan Alat penelitian

**Tabel 1.** Bahan dan Alat Yang Digunakan

Bahan	Alat
GPS u-Blox NEO-6M	Solder
Lengan Robot 4 DOF	Tang
Roda Tank	Obeng
Motor Driver L298N	Charger 18650 2 Slot
Motor Servo SG90	
Kabel Jumper (MM), (FM), (FF)	
DC Motor 33GB-520	
ESP 32	
ESP 32 Shield Breadboard Base	
Baterai 18650 + Baterai Holder 2 Slot	
Baterai Alkaline 9 Volt	
9V Battery Snap Connector	

## 2.6 Analisis Data

Data penelitian dianalisis secara deskriptif menggunakan Microsoft Excel. Pada pengujian roda tank dengan GPS, koordinat dibandingkan dengan Google Maps untuk menghitung selisih jarak dan akurasi navigasi, lalu ditampilkan dalam tabel. Pada pengujian lengan robot, data dicatat berdasarkan jenis benda, berat, diameter, dan kondisi permukaan untuk menilai keberhasilan pengangkatan. Semua hasil ditafsirkan secara deskriptif tanpa uji statistik, fokus pada gambaran langsung performa sistem.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil pengujian terhadap sistem robot pemindah barang yang dikembangkan. Data hasil uji diperoleh melalui serangkaian percobaan yang difokuskan pada aspek navigasi berbasis GPS dan performa lengan robot dalam mengangkat serta memindahkan objek. Hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk tabelagar lebih sistematis, sehingga memudahkan proses analisis serta penarikan kesimpulan terkait efektivitas dan keterbatasan kinerja robot.

### 3.1. Uji Navigasi Robot dengan Roda Tank GPS u-blox NEO-6M

Pengujian pertama difokuskan pada kemampuan robot dengan roda tipe tank yang dipadukan dengan sistem navigasi GPS u-blox NEO-6M. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi akurasi pembacaan koordinat GPS pada berbagai kondisi medan serta mengetahui seberapa baik roda tank mampu menjaga mobilitas robot di lingkungan yang beragam. Pengujian dilakukan pada 20 lokasi berbeda, yang terdiri dari 10 ruang terbuka dan 10 ruang tertutup. Pada ruang terbuka, pengujian mencakup variasi medan seperti permukaan datar, berpasir, berbatu, tanah tidak rata, serta area dengan hambatan alami yang menyerupai kondisi di lapangan bencana. Sedangkan pada ruang tertutup, pengujian difokuskan pada kondisi yang lebih terkontrol, seperti ruangan dengan dinding penghalang dan ruangan dengan gangguan sinyal GPS. Kombinasi lokasi terbuka dan tertutup ini dipilih untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai kinerja navigasi GPS dan mobilitas roda tank, baik dalam situasi lapangan nyata maupun dalam kondisi lingkungan yang terkontrol. Hasil dari pengujian tersebut disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian di Ruangan Terbuka

Data ke-	Lokasi	Kondisi Medan	Permukaan Medan	Koordinat Pembacaan GPS	Koordinat Langsung Dengan Google Map	Jarak Selisih
1	Lapangan Segitiga Kompleks IKIP	Terbuka	Tidak Rata	-5.171272, 119.439107	-5.171213 0, 119.439050	9 meter
2	Lapangan Indoor MAN 2 Kota Makassar	Terbuka (Terhalang Atap)	Datar	-5.173192, 119.431063	- , 5.17323115, 119.4311242	8 meter
3	Parkiran Depan	Terbuka	Tidak Rata	- 5.1738130,	-5.173213 1,	5 meter

	MAN 2 Kota Makassar			119.431146 73	119.43111	
4	Jalan Perumahan Modern Estate	Terbuka	Datar	- 5.1833800, 119.472825	- 5.1833910 ,	2 meter
5	Lapangan Voli MAN 2 Kota Makassar	Terbuka	Datar	- 5.1730768, 119.430819 7	- 5.1730790 ,	3 meter
6	Parkiran Belakang MAN 2 Kota Makassar	Terbuka	Tidak Rata	-5.173079 0, 119.43079 12	-5.172974 9, 119.43021 15	5 meter
7	Depan Kantin MAN 2 Kota Makassar	Terbuka	Tidak Rata	- 5.1730317, 119.429990 2	-5.172980 ,	5 meter
8	Jalan Depan Rumah	Terbuka (Terhalang Pohon)	Datar	- 5.1646530, 119.426404 5	- 5.1641311 ,	4 meter
9	Halaman Rumah	Terbuka	Datar	- 5.1641339, 119.426398 1	- 5.1641412 0, 119.42643 21	4 meter
10	Lapangan Syekh Yusuf	Terbuka	Tidak Rata	- 5.2009941, 119.451781 8	- 5.2009253 ,	8 meter

---

**Tabel 3.** Hasil Pengujian di Ruangan Tertutup

Data Ke-	Lokasi	Kondisi Medan	Permukaan Medan	Koordinat Pembacaan GPS	Koordinat Langsung dengan Google Maps	Jarak Selisih
1	Masjid MAN 2 Kota Makassar	Tertutup	Datar	- 5.173087 4, 119.4308 122	- 5.173065 7, 119.4308 76	7 meter
2	Taman Baca MAN 2 Kota Makassar	Tertutup	Datar	- 5.173034 4, 119.4306 320	- 5.173096 0, 119.4306 340	7 meter
3	Kantin MAN 2 Kota Makassar	Tertutup	Datar	- 5.172894 5, 119.4300 375	-5.1727 59, 119.4300 1100	17 meter
4	Masjid Al-Jaffar	Tertutup	Datar	- 5.175352 3, 119.4670 62	- 5.175392 4, 119.4669 925	9 meter
5	Masjid MTsN 1 Kota Makassar	Tertutup	Datar	- 5.172372 4, 119.4309 76	- 5.172398 6, 119.4308 973	9 meter
6	Ruang Tamu Lantai 1	Tertutup	Datar	- 5.164150 37, 119.4263 502	- 5.164093 7, 119.4263 877	8 meter
7	PSBB MAN 2 Kota Makassar	Tertutup	Datar	- 5.173111 7, 119.4303 17	- 5.173221 8, 119.4303 2	12 meter
8	Ruang Kamar Lantai 2	Tertutup	Datar	- 5.182489 0, 119.4722	-5182578 , 119.4722 18	10 meter

					1	
9	Dapur Lantai 2	Tertutup	Datar	- 5.164057 9, 119.4266 88	-5.164072 ,	13 meter
10	Ruang Keluarga Lantai 2	Tertutup	Datar	- 5.174942 3, 119.4682 941	-5.174885 ,	7 meter

### 3.2 Uji Kinerja Lengan Robot 4 DOF

Pengujian berikutnya ditujukan untuk menilai kinerja lengan robot 4 DOF dalam mengangkat berbagai jenis benda dengan karakteristik yang berbeda. Pengujian ini penting dilakukan karena fungsi utama robot pemindah barang adalah tidak hanya mampu bergerak di medan sulit, tetapi juga mampu mengangkat barang bantuan dengan aman dan efektif. Objek uji dipilih berdasarkan variasi berat, diameter, dan tekstur permukaan, mulai dari benda ringan seperti tutup spidol hingga benda dengan bobot lebih besar seperti botol berisi air.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Lengan Robot 4 DOF

Data Ke-	Benda	Permukaan Benda	Berat	Diameter	Hasil
1	Tutup Spidol	Bergerigi	6 g	2,4 cm	Terangkat
2	Spidol	Tidak Bergerigi	20 g	1,5 cm	Terangkat
3	Botol Semprotan	Tidak Bergerigi	115 g	3,7 cm	Terangkat
4	Botol Minyak Kayu Putih	Licin	55g	3,5 cm	Tidak Terangkat
5	Baterai 1865	Licin	47g	1,8 cm	Tidak Terangkat

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perancangan robot pemindah barang adaptif yang mengintegrasikan roda tipe tank, GPS U-BLOX NEO-6M, dan lengan robot 4 DOF mampu menunjukkan performa yang baik dalam mendukung kebutuhan distribusi logistik darurat. Dari sisi mobilitas, penggunaan roda tipe tank terbukti memberikan

kestabilan pergerakan robot pada berbagai jenis medan, termasuk permukaan yang tidak rata, sehingga robot tetap dapat bergerak dengan relatif aman dan terkendali.

Pada aspek navigasi, GPS U-BLOX NEO-6M mampu memberikan informasi posisi yang cukup akurat pada area terbuka, meskipun tingkat akurasi mengalami penurunan ketika robot beroperasi di ruang tertutup atau area dengan gangguan sinyal. Hal ini menunjukkan bahwa sistem navigasi berbasis GPS masih memiliki keterbatasan yang perlu disempurnakan untuk penggunaan di lingkungan yang lebih kompleks.

Sementara itu, lengan robot 4 DOF menunjukkan kemampuan yang cukup efektif dalam mengangkat dan memindahkan objek, khususnya benda dengan permukaan kasar dan berat tertentu. Namun, performa gripper masih kurang optimal saat menangani benda licin atau berbentuk tidak beraturan, sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut pada desain mekanisme penjepit.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini membuktikan bahwa integrasi ketiga komponen utama tersebut memiliki potensi besar sebagai solusi inovatif dalam mendukung distribusi logistik darurat, terutama di wilayah terdampak bencana yang sulit dijangkau oleh manusia atau kendaraan konvensional. Meskipun demikian, sistem robot ini masih memerlukan penyempurnaan teknis agar dapat beroperasi secara lebih optimal dan andal di berbagai kondisi lapangan.

#### 4.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan penambahan sensor pendukung seperti kompas digital, IMU, atau LIDAR guna meningkatkan akurasi navigasi, khususnya pada ruang tertutup. Selain itu, sistem kendali robot perlu dikembangkan agar lebih responsif terhadap variasi medan. Modifikasi pada gripper lengan robot, seperti penambahan lapisan karet, penjepit fleksibel, atau teknologi berbasis vakum, juga diperlukan agar robot mampu menangani objek dengan karakteristik yang lebih beragam. Pengujian yang lebih luas dengan variasi medan, jenis barang, serta durasi pengamatan yang lebih panjang diharapkan dapat memberikan evaluasi performa robot secara lebih menyeluruh dalam mendukung distribusi logistik darurat.

#### Referensi

- [1] BNPB. (2021). Laporan tahunan penanggulangan bencana di Indonesia. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- [2] Nugroho, S., & Hartono, R. (2020). Analisis kerentanan bencana alam di Indonesia. *Jurnal Geografi*, 12(1), 45–54.
- [3] Pramudya, Y., & Sulastri, D. (2021). Dampak bencana alam terhadap infrastruktur dan logistik. *Jurnal Kebencanaan Indonesia*, 6(2), 88–97.
- [4] Khalish, N. A., Akbar, M. F., Surur, A. Y. F. I., Faruq, M. A. K. A., Rimantho, D., & Hasnah. (2025). Sistem navigasi robot mobil pada daratan rata menggunakan GPS GY Ublox NEO M6 V2 untuk peningkatan presisi dan efisiensi. *MAN 2 Kota Makassar*.
- [5] Prasetyo, H., & Widodo, A. (2022). Analisis distribusi logistik pada bencana banjir di Jawa Tengah. *Jurnal Manajemen Bencana*, 5(2), 115–124.
- [6] Sari, R., & Putra, D. (2020). Peran robotika dalam mendukung penanganan logistik bencana di Indonesia. *Jurnal Inovasi Teknologi*, 8(1), 33–40.
- [7] Hidayat, M., & Rahman, F. (2021). Robot otonom untuk penanganan bencana alam. *Jurnal Sistem Cerdas*, 4(3), 201–210.
- [8] Lestari, P., & Wibowo, E. (2022). Implementasi robot logistik pada kondisi darurat. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, 10(2), 76–84.
- [9] Julianto, A. (2018). Rancang bangun robot pemindah barang otomatis berbasis koordinat menggunakan sensor inframerah dan ultrasonik. *Jurnal Teknologi*, 12(3), 55–63.
- [10] Julianto, B. (2019). Pengembangan sistem pelacak GPS NEO-6M untuk robot bergerak. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi*, 4(1), 87–93.
- [11] Julianto, B. (2020). Implementasi navigasi berbasis GPS real-time pada robot mobil.

- Jurnal Sains Komputer, 6(2), 144–152.
- [12] Ramdhoni, F. (2023). Integrasi sensor MPU6050 dan GPS u-blox NEO-6M pada sistem navigasi kendaraan tanpa awak. *Jurnal Mekatronika*, 11(1), 21–29.
  - [13] Fauzan, A., & Rachmat, T. (2022). Pengembangan sistem roda tank untuk robot penjelajah medan berpasir. *Jurnal Teknologi Robotika*, 7(2), 45–53.
  - [14] Wijaya, D., Saputra, A., & Lestari, F. (2021). Implementasi lengan robot multi DOF untuk sistem manipulasi otomatis. *Prosiding Seminar Nasional Robotika*, 5(1), 102–110.
  - [15] Prakoso, A., & Setiawan, B. (2023). Integrasi navigasi dan manipulasi pada robot pemindah barang. *Jurnal Robotika dan Otomasi*, 9(1), 1–10.

## 5. Penutup

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak MAN 2 Kota Makassar yang telah memberikan dukungan fasilitas serta kesempatan untuk melaksanakan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada guru pembimbing, rekan tim riset, serta seluruh pihak yang telah membantu dalam proses perancangan, perakitan, dan pengujian robot. Dukungan moral dan teknis dari berbagai pihak tersebut menjadi motivasi besar bagi penulis untuk menyelesaikan penelitian ini dengan sebaik-baiknya.

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan prototipe robot pemindah barang adaptif yang mampu beroperasi secara efektif di medan sulit, seperti wilayah terdampak bencana. Dengan kombinasi lengan robot 4 DOF, roda tipe tank, dan modul GPS NEO-6M, sistem ini menawarkan mobilitas tinggi serta ketepatan navigasi yang baik sehingga dapat meningkatkan efisiensi distribusi logistik. Implementasi teknologi ini diharapkan mampu mempercepat penyaluran bantuan, mengurangi risiko bagi petugas lapangan, serta menjadi dasar pengembangan inovasi robotika di masa mendatang..