

Rancang Bangun Robot *Forklift* dengan Roda *Mecanum* Berbasis *Internet of Things*

Yusman*, Siti Amra, Aula Mulki Alfatani

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Indonesia

Article Info

Article history:

Submitted November 28, 2023

Accepted January 16, 2024

Published February 1, 2024

Keywords:

forklift,
mecanum,
sensor *proximity*,
smartphone

forklift,
mecanum,
proximity sensor,
smartphone

ABSTRACT

Sistem *forklift* banyak digunakan pada proses pemindahan barang bahan baku atau hasil produksi dari satu tempat ke tempat lain, namun *forklift* harus dikendarai oleh operator dengan visibilitas yang jelas. Di samping itu, *forklift* pada umumnya tidak dapat melakukan pergerakan bebas ke segala arah, hal ini akan menjadi kendala Ketika *forklift* harus memindahkan barang melalui jalur yang sempit. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan rancang bangun sistem mekatronik dan kontrol robot *forklift* menggunakan Mikrokontroler ESP32. Robot *forklift* ini dirancang dengan empat buah roda *mecanum* yang mampu melakukan pergerakan dan manuver ke segala arah, dilengkapi dengan sensor *proximity* untuk mendeteksi objek barang, serta ESP Cam untuk visibilitas dan monitoring operator melalui *smartphone* Android. Pergerakan robot memanfaatkan kecepatan masing-masing roda untuk dapat bergerak ke segala arah tanpa harus mengubah arah hadapnya terlebih dahulu. Robot akan bergerak apabila mendapat perintah gerak dari *smartphone* operator melalui aplikasi blynk. Berdasarkan hasil pengujian, beban maksimum yang mampu diangkut oleh robot *forklift* ini adalah 2600 gram dengan kecepatan laju robot rata-rata 3,49 km/jam atau 0,97 m/s.

Forklift systems are widely used in the process of moving raw materials or production products from one place to another, but the forklift must be driven by an operator with clear visibility. In addition, forklifts generally cannot move freely in all directions, this will be an obstacle when forklifts have to move goods through narrow paths. The aim of this research is to design a mechatronic system and control a forklift robot using the ESP32 microcontroller. This forklift robot is designed with four mecanum wheels which are capable of movement and maneuvering in all directions, equipped with a proximity sensor to detect goods objects, as well as an ESP Cam for operator visibility and monitoring via an Android smartphone. The robot's movement utilizes the speed of each wheel to be able to move in any direction without having to change its facing direction first. The robot will move when it receives a movement command from the operator's smartphone via the blynk application. Based on test results, the maximum load that can be carried by this forklift robot is 2600 grams with an average robot speed of 3.49 km/hour or 0.97 m/s.



Corresponding Author:

Yusman,

Department of Electrical, Politeknik Negeri Lhokseumawe,

Jln. Medan-Banda Aceh Km. 280, Buketrata - Lhokseumawe, Aceh, Indonesia.

Email: *yusman@pnl.ac.id

1. PENDAHULUAN

Forklift adalah suatu alat pengangkat atau truk garpu yang memiliki fungsi untuk mengangkat dan memindahkan atau mendistribusikan barang dari suatu tempat ke tempat lain, yang pengoperasiannya dapat dilakukan di dalam ruangan maupun luar ruangan [1]. *Forklift* ini umumnya banyak digunakan di industri manufaktur, supermarket, ekspedisi dan pelabuhan, khususnya pada unit logistik, pergudangan, dan bengkel [2][3][4]. Penggunaan *forklift* akan sangat membantu untuk mengangkat benda yang sulit atau terlalu berat untuk diangkat oleh manusia, sehingga *forklift* bisa meringankan beban karyawan khususnya dalam hal memindahkan barang, meningkatkan efektivitas serta efisiensi dalam kegiatan operasional [5].

Forklift yang umumnya beredar di perusahaan ialah *forklift* general yang berarti di dalam kabin *forklift* tersebut masih dikendarai oleh operator. Pada perusahaan tertentu terdapat tempat di mana operator *forklift* tidak boleh memasuki ruangan tersebut dikarenakan membahayakan kesehatan manusia. Selain itu *forklift* juga memiliki kelemahan jika benda yang dipindahkan lebih tinggi dari pandangan operator dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja [2][6].

Penggunaan *forklift* ini rentan terhadap kesalahan yang disebabkan oleh *Human error*, karena alat ini masih sangat tergantung kepada tenaga operator manual, serta memerlukan lintasan (*Track*) yang cukup lebar untuk berbelok dan berbalik arah [7]. Selain itu dimungkinkan munculnya kerusakan barang jadi dalam rak gudang yang diakibatkan oleh benturan antara *forklift* dengan rak yang berdampak pada ketidakakuratan dalam menentukan posisi yang benar untuk barang jadi tersebut [8], atau jika benda yang dipindahkan lebih tinggi dari pandangan operator akan menyebabkan visibilitas operator terganggu, sehingga dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja.

Menyikapi permasalahan yang ada, maka diperlukan pengembangan *forklift* yang lebih efisien untuk pemindahan barang dengan menambahkan sistem pengendalian jarak jauh dan sistem komunikasi data terkini dan andal, yaitu dalam bentuk implementasi sistem mekatronika suatu robot *mobile forklift* yang mampu mengangkat dan memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain [9]. Sehingga diharapkan dapat meminimalisir potensi kecelakaan kerja dan kelelahan operator yang menyebabkan bahaya fisik bagi operator di lingkungan tempat kerja. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang bangun sistem mekatronika dan kontrol robot *forklift* dengan roda *mecanum* yang dapat dikendalikan dan dimonitor dari jarak jauh dengan *smartphone* Android berbasis *internet of things*.

2. METODE PENELITIAN

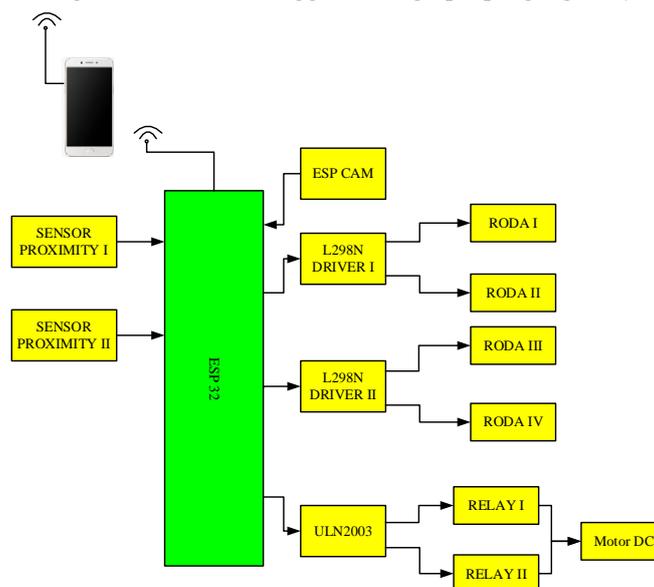
Perancangan sistem kontrol robot *forklift* dengan roda *mecanum* berbasis *internet of things* ini meliputi perancangan *hardware* dan *software*. Untuk perancangan *hardware* terdiri dari perancangan blok diagram sistem, perancangan mekanik dan perancangan elektronik. Sementara untuk perancangan *software* berupa perancangan *flowchart* sistem dan desain *user interface* pada *smartphone* Android.

2.1 Perancangan Hardware

Perancangan untuk sistem *hardware* ini memiliki beberapa bagian yang mendukung dalam pengoperasian robot *forklift*, baik dari sisi mekanik maupun elektroniknya.

2.1.1 Perancangan Diagram Blok Sistem

Blok diagram lengkap perancangan robot *forklift* dapat dilihat dalam Gambar 1. Bagian-bagian dari sistem *hardware* elektronik pada tersebut meliputi: *smartphone* melalui aplikasi blynk sebagai masukan kontroler robot *forklift*. Sensor *proximity* yang berfungsi untuk mendeteksi objek pada sisi samping kanan dan kiri. Mikrokontroler ESP 32 digunakan sebagai pengendali dari keseluruhan sistem. ESP Cam digunakan untuk mendeteksi muatan pada garpu pengangkat. L298N I digunakan sebagai pengendali perputaran seluruh roda *mecanum*. ULN2003A sebagai *driver* untuk mengaktifkan *relay*, dan *Relay* digunakan untuk menghidupkan motor DC. Serta Motor DC digunakan untuk menggerakkan garpu pengangkat (*forklift*) pada robot.



Gambar 1. Perancangan Diagram Blok Sistem

2.1.2 Perancangan Mekanik

Robot *forklift* yang dirancang dalam penelitian ini merupakan robot prototipe dengan spesifikasi robot yang disesuaikan dengan skala beban yang diangkat, meliputi: dimensi robot 55 cm x 35 cm x 50 cm, garpu pengangkat barang dengan dimensi 25cm x 14.5cm x 55cm, diameter roda *mecanum* 6 cm, dan berat robot 5 kg. Gambar 2 merupakan desain 3-D robot *forklift* dengan bagian sisi depan berupa garpu pengangkat beban yang dapat digerakkan secara vertikal, serta roda *mecanum* yang mampu membuat robot *forklift* melakukan pergerakan lebih fleksibel.



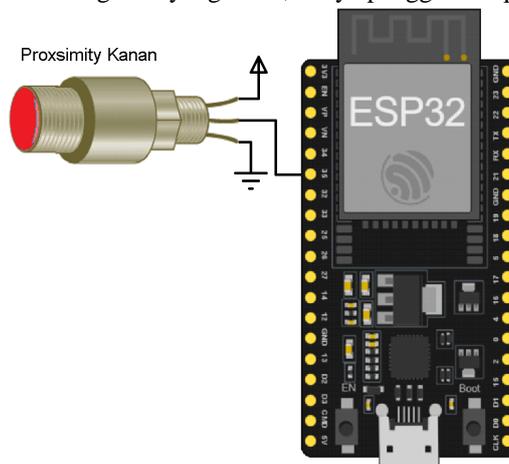
Gambar 2. Rancangan 3-D mekanik robot forklif

2.1.3 Perancangan Elektronik

Untuk perancangan bagian elektronik terdiri dari perancangan rangkaian sensor proximity, perancangan rangkaian *driver* motor roda *mecanum*, serta perancangan rangkaian *driver* motor pengangkat garpu.

Rangkaian Sensor Proximity

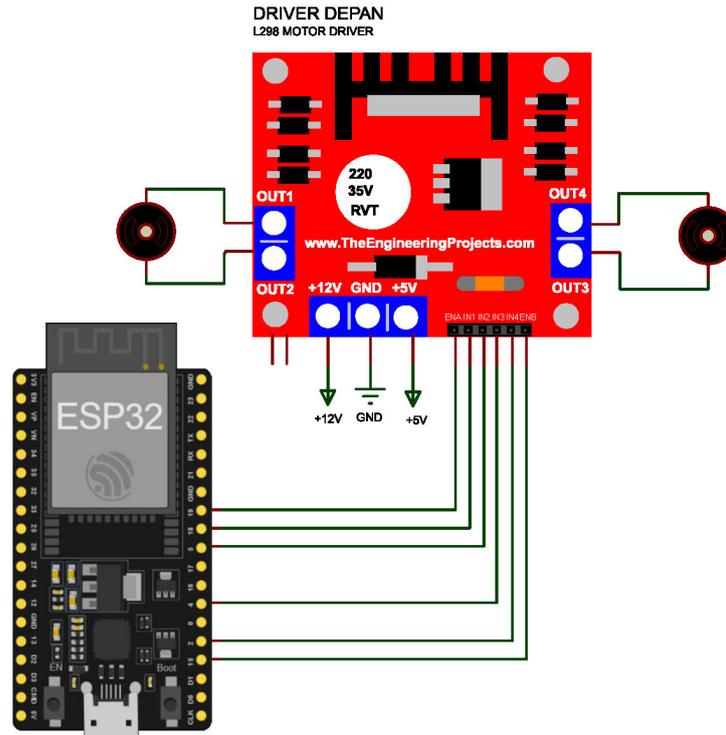
Dalam perancangan ini digunakan sebanyak dua buah sensor *proximity*. Sensor *proximity* I berfungsi untuk mendeteksi objek samping kanan robot *forklift* dan sensor *proximity* II digunakan untuk mendeteksi objek pada samping kiri robot. Perancangan rangkaian sensor *proximity* dapat dilihat dalam Gambar 3, untuk rangkaian sensor *proximity* II juga memiliki konfigurasi yang sama, hanya penggunaan pin pada IC ESP32 yang berbeda.



Gambar 3. Perancangan rangkaian sensor proximity

Rangkaian *Driver* Motor Roda

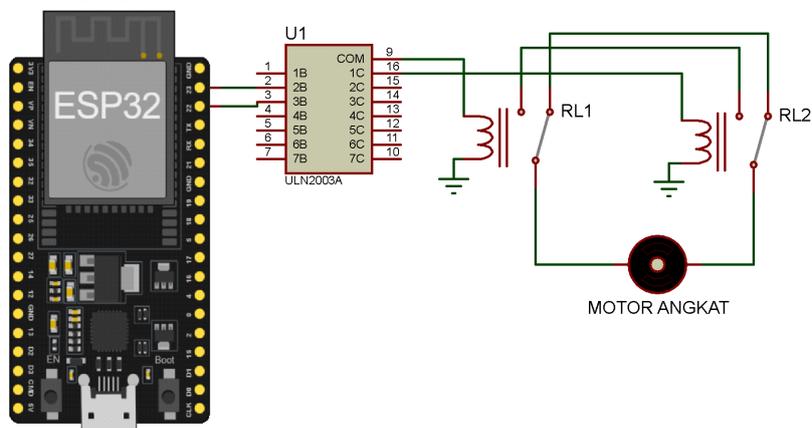
Robot *forklift* di sini memiliki 4 buah roda *mecanum*. Roda depan terdiri dari dua buah roda yaitu roda I dan roda II yang digerakkan oleh driver L298N. Driver L298 ini memiliki dua buah pin *drive* motor yang dapat menggerakkan 2 buah roda sekaligus. Rangkaian driver motor roda depan dapat dilihat dalam Gambar 4. Untuk rangkaian driver motor belakang (roda III dan IV) juga memiliki konfigurasi yang sama, namun perbedaannya pada penempatan pin di IC mikrokontroler ESP32 yang berbeda.



Gambar 4. Perancangan rangkaian driver motor roda

Rangkaian Motor Garpu Forklif

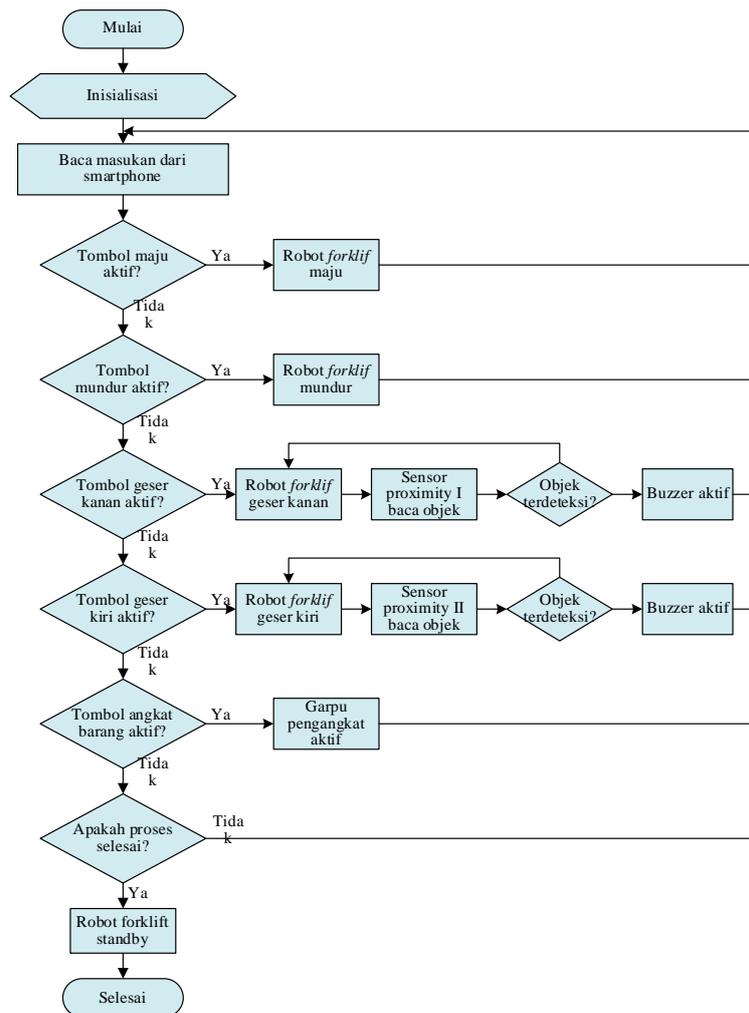
Untuk mampu menggerakkan garpu pengangkat beban, perlu dipasang motor DC untuk mempermudah proses naik turun garpu pengangkat beban tersebut, dan untuk menggerakkan motor garpu digunakan driver motor dengan spesifikasi yang sesuai yaitu Driver ULN2003A. Adapun perancangan dari rangkaian driver motor pengangkat barang dapat dilihat dalam Gambar 5.



Gambar 5. Perancangan rangkaian driver motor garpu forklif

2.2 Perancangan *Software*

Sebelum mulai membuat program robot *forklift*, perlu direncanakan dan dirancang terlebih dulu alur proses kerja sistem, untuk selanjutnya dituangkan dalam pembuatan *source code* atau program pada Compiler Arduino IDE. Perancangan *software* dalam hal ini adalah dalam bentuk diagram alir atau *flowchart* sistem sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir proses algoritma sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang diperoleh dari rancang bangun robot *forklift* di sini meliputi prototipe robot *forklift*, hasil pengujian respon sensor proximity, hasil pengujian kecepatan robot dan hasil pengujian berat beban atau barang yang mampu diangkat oleh robot *forklift*, serta hasil rancangan tampilan *user interface* kontroler robot pada *smartphone*.

3.1.1 Hasil Prototipe Robot *Forklift*

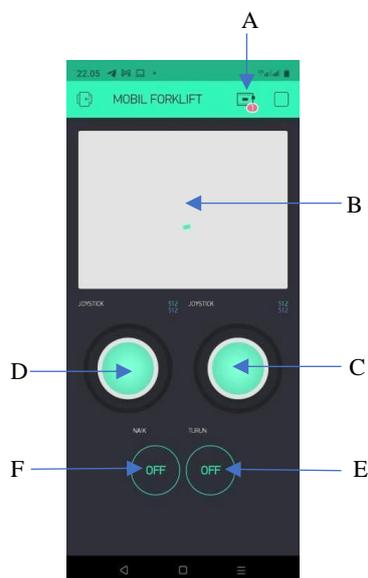
Penelitian ini menghasilkan suatu *hardware* dalam bentuk prototipe robot *forklift* dengan roda *mecanum* yang dapat dikontrol dari jauh dengan *smartphone*. Di samping itu juga menghasilkan suatu *software* dalam bentuk tampilan kontroler antarmuka pada *smartphone* dengan aplikasi *blynk*. Bentuk prototipe robot *forklift* hasil rancangan secara keseluruhan seperti ditunjukkan dalam Gambar 7. Robot telah dilengkapi dengan garpu mengangkat barang yang digerakkan oleh motor dc jenis *Brushed* dengan spesifikasi tegangan 12 volt DC, speed maksimum 12000 rpm, daya 100 watt cm dan berat 0,343 kg, serta torsi 1055,50 g.cm.



Gambar 7. Prototype robot *forklift*

3.1.2 Hasil Tampilan *User Interface Smartphone*

Tampilan *user interface* sebagai kontroler robot *forklift* pada *smartphone* dibangun menggunakan aplikasi Blynk. Hasil rancangan atau bentuk tampilan *user interface* tersebut ditunjukkan dalam Gambar 8. Bagian A merupakan pengaturan untuk menyesuaikan kode IP jaringan internet atau wifi yang ingin dikoneksikan. Bagian B merupakan tampilan *live streaming* kamera depan robot *forklift*. Bagian C adalah tombol navigasi yang difungsikan untuk menggerakkan robot ke samping kanan maupun kiri. Bagian D juga merupakan tombol navigasi yang difungsikan untuk menggerakkan robot maju atau mundur. Serta bagian E dan F merupakan tombol untuk menaikkan dan menurunkan garpu *forklift*.

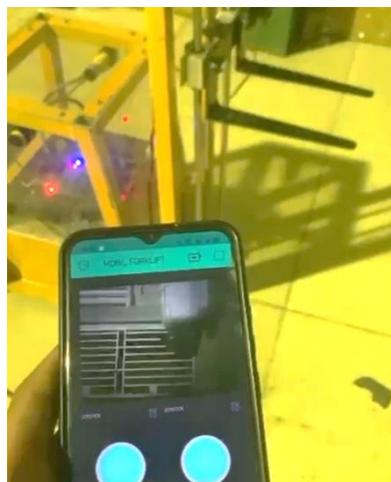


Gambar 8. Tampilan *user interface* pada *smartphone*

Gambar 9 menunjukkan tampilan pengujian respons penekanan tombol navigasi terhadap pergerakan roda robot. Pada layar *smartphone* terlihat juga tampilan *live streaming* dari kamera depan robot *forklift* untuk visibilitas operator dalam melakukan pergerakan dan mengangkat barang dari jarak jauh. Sementara Gambar 10 menunjukkan tampilan pengujian respons pendekatan tombol navigasi garpu terhadap pergerakan naik turun garpu *forklift*. Hasil pengujian respons tombol terhadap pergerakan robot ini menunjukkan bahwa robot *forklift* telah dapat berfungsi melakukan pergerakan roda untuk maju, mundur, bergerak ke kanan dan ke kiri dengan sangat baik. Demikian juga dengan garpu *forklift* yang dapat merespon dengan baik untuk gerakan naik dan turun garpu. Kemudian *video streaming* tangkapan kamera juga dapat ditampilkan dengan lancar oleh tangkapan kamera ESP32 Cam yang memiliki resolusi 2 Megapixel, dengan koneksi jaringan wifi yang stabil.



Gambar 9. Tampilan *user interface* untuk respons pengujian gerak roda robot



Gambar 10. Tampilan *user interface* untuk respons pengujian naik turun garpu

Robot *forklift* yang dirancang ini memiliki dua buah sensor *proximity* pada bagian samping kanan dan kiri robot. Sensor *proximity* yang digunakan di sini memiliki dua kondisi logika, yaitu LOW bila sensor mendeteksi objek, dan HIGH bila tidak mendeteksi objek. Untuk melihat kondisi gerak robot ketika sensor *proximity* mendeteksi objek penghalang maka perlu dilakukan pengujian pada bagian sensor tersebut. Pengujian pengaruh adanya penghalang atau objek terhadap kondisi gerak robot dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan pengujian sesuai dengan data pada Tabel 1 diketahui bahwa ketika sensor *proximity* kanan bernilai LOW dan sensor *proximity* kiri bernilai HIGH maka robot belok kiri secara otomatis, untuk menghindari benturan objek. Sebaliknya ketika sensor *proximity* kanan HIGH dan sensor *proximity* kiri bernilai LOW maka robot akan belok kanan. Ketika kedua sensor *proximity* sama-sama bernilai LOW maka robot akan bergerak sesuai dengan perintah yang dikontrol oleh operator. Untuk objek yang berada di depan, maka sepenuhnya berada pada kendali operator yang berfokus untuk mengangkat atau memindahkan barang. Dari hasil pengujian ini menunjukkan bahwa robot *forklift* telah dapat dikontrol pergerakannya sesuai dengan kondisi yang telah dirancang di awal, dan mampu mendeteksi objek penghalang pada sisi kanan dan kiri dengan kemampuan semi-otomatisnya.

Tabel 1. Hasil pengujian pengaruh logika keluaran sensor *proximity* terhadap objek penghalang

<i>Proximity</i> Kanan	<i>Proximity</i> Kiri	Kondisi robot
LOW	HIGH	Belok kiri
HIGH	LOW	Belok kanan
LOW	LOW	Sesuai kontrol user

3.1.3 Hasil Pengujian Kecepatan Robot *Forklift*

Robot *forklift* dirancang memiliki empat buah roda *mecanum*. Pergerakan robot memanfaatkan kecepatan masing-masing roda untuk dapat bergerak ke segala arah tanpa harus mengubah arah hadapnya terlebih dahulu. Robot akan bergerak apabila mendapat perintah gerak dari *smartphone*. Untuk mengetahui kecepatan gerak robot *forklift* maka perlu dilakukan pengujian. Hasil pengujian kecepatan robot *forklift* dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan tabel pengujian diketahui bahwa kecepatan rata-rata robot *forklift* pada saat

bergerak lurus mencapai 3,49 km/jam sedangkan rata-rata kecepatan robot *forklift* berbelok adalah 2,91 km/jam. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa gerakan robot *forklift* pada lintasan lurus relatif lebih cepat rata-rata sekitar 0,58 km/jam dibandingkan dengan kecepatan di lintasan berbelok. Degradasi kecepatan robot dapat terjadi akibat penurunan kapasitas baterai dan hambatan objek sekitar lintasan dari setiap pengulangan proses pengujian. Kelebihan roda *mecanum* dalam hal ini adalah memiliki kecepatan dan fleksibilitas gerakan yang lebih baik dibanding roda omni directional misalnya, karena tidak ada sudut gesekan dengan landasan, sementara hal sebaliknya terjadi pada roda omni directional.

Tabel 2. Hasil pengujian kecepatan gerak robot

Percobaan ke-	Kecepatan gerak lurus (km/jam)	Kecepatan gerak berbelok (km/jam)
1	3,50	2,92
2	3,50	2,92
3	3,49	2,91
4	3,48	2,90
5	3,48	2,90

3.1.4 Hasil Pengujian Kemampuan Angkat Beban Garpu *Forklift*

Untuk melihat berapa berat beban maksimal yang mampu diangkat oleh garpu pengangkat, maka perlu dilakukan pengujian. Hasil pengujian ketahanan garpu pengangkat pada robot *forklift* dapat dilihat pada Tabel 3. Pengangkatan beban dengan garpu *forklift* dilakukan mulai dari beban 200 gram, hingga pada pengangkatan beban seberat 2700 gram, garpu *forklift* sudah tidak mampu lagi untuk mengangkat beban tersebut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa beban maksimum yang mampu diangkat dan dibawa oleh robot *forklift* ini adalah 2600 gram. Untuk meningkatkan kemampuan daya angkat beban oleh robot *forklift* dalam hal ini akan sangat ditentukan oleh peningkatan torsi motor garpu yang digunakan serta didukung oleh desain mekanik garpu, dimensi robot dan *platform* keseimbangan robot.

Tabel 3. Hasil pengujian ketahanan garpu pengangkat pada robot *forklift*

No.	Berat Beban (gram)	Kondisi Garpu Pengangkat	Kondisi beban
1	200	On	Terangkat
2	400	On	Terangkat
3	600	On	Terangkat
4	800	On	Terangkat
5	1000	On	Terangkat
6	1200	On	Terangkat
7	1400	On	Terangkat
8	1600	On	Terangkat
9	1800	On	Terangkat
10	2000	On	Terangkat
11	2200	On	Terangkat
12	2400	On	Terangkat
13	2600	On	Terangkat
14	2700	On	Tidak Terangkat
15	2800	On	Tidak Terangkat

3.2 Perbandingan dengan Hasil Penelitian Lain

Ignatius Henry Adi Nagoro, Bias Kumoro Jati dan Niki Agastia Mutaqin telah meneliti tentang “Rancang Bangun *Forklift* Autonomous Driving System Menggunakan Arduino”. Tujuan dari penelitian tersebut adalah membangun perangkat berbasis Arduino Nano untuk mengendalikan *Forklift* melalui *smartphone*. Hasilnya robot dapat dikendalikan oleh operator melalui *smartphone* pada jarak maksimum 21 meter dari *forklift*, karena menggunakan komunikasi Bluetooth yang terbatas jangkauan deteksinya [1]. Sementara dalam penelitian ini, jarak jangkauan antara operator dan *forklift* untuk mengendalikannya tidak terbatas, sejauh masih terhubung dengan jaringan internet.

M. Irmansyah, Tuti Angraini dan Laras Novita membuat penelitian tentang “Robot *Forklift* Dengan Sensor Cahaya Sebagai Penentu Warna Barang Berbasis Mikrokontroler”. Penelitian tersebut bertujuan untuk membuat perangkat robot *forklift* yang bergerak secara otomatis pada jalur hitam dan mampu mendeteksi hanya dua warna objek (merah dan hitam) serta memindahkannya ke tempat yang telah ditentukan. Warna objek hanya dapat dideteksi bila jarak *forklift* dengan objek maksimal 3 cm. Penggunaan roda bebas pada rancangan *forklift* robot *forklift* tersebut menyebabkan robot bergerak tidak mulus atau zig-zag [10]. Sementara dalam penelitian

ini, objek yang mampu dipindahkan tidak bergantung pada warnanya, karena dioperasikan oleh operator dari jarak jauh maka semua objek mampu diangkat dan dipindahkan sejauh dalam visual operator pada layar *smartphone* dan batasan maksimum beban objek yang mampu diangkat, yaitu 2600 gram.

Risno Hamid meneliti tentang “Rancang Bangun Robot Pengangkat Box Berbasis Mikrokontroler ATmega16”. Tujuan dari penelitian tersebut adalah merancang robot menggunakan motor DC sebagai penggerak putaran roda dan sistem *forklift*. Robot menggunakan sensor *photodiode* sebagai pendeteksi garis, sehingga robot dapat berjalan pada garis hitam dan robot dapat mengangkat box ketempat tujuan sesuai dengan warnanya. Hasil pengujian menunjukkan robot mampu mendeteksi *box* dengan warna merah, hijau dan biru pada jarak paling jauh 4 cm dari objek [11]. Sedangkan dalam penelitian ini, semua jenis objek mampu diangkat dan dipindahkan tidak bergantung pada warnanya, sejauh masih dalam visual kamera robot yang terlihat oleh operator pada layar *smartphone* dan berat beban objek maksimumnya.

Rais dan Irawan Pudja Hardjana meneliti tentang “Perancangan Robot Pemindah Barang Line Follower Berbasis Mikrokontroler PIC16F877”. Tujuan penelitiannya adalah membuat robot pemindah barang (*forklift*) yang dilengkapi sensor garis untuk bergerak pada jalur yang telah ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan robot mampu mendeteksi objek untuk diangkat berdasarkan deteksi sensor infra merah yang terpasang pada robot [4]. Penelitian yang serupa juga dilakukan oleh Budi Herdiana dan Zainal Mutaqin, yaitu “Perancangan Prototype Robot *Forklift* Penyusun Barang Otomatis 3 Lantai Berbasis Mikrokontroler”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa robot mampu memindahkan objek barang ke posisi rak 3 lantai berdasarkan jalur atau garis yang telah ditentukan. robot juga mampu mengidentifikasi kondisi rak yang kosong dengan deteksi sensor ultrasonik pada jarak 47 cm [5].

Aji Brahma Nugroho dan Fahmi Hafid Lantikawan membuat penelitian tentang “Rancang Bangun Robot Pemindah Barang Berdasarkan Warna Berbasis Mikrokontroler Parallax BS2P40”. Tujuan penelitiannya adalah untuk membuat robot yang mampu membedakan jenis barang berdasarkan warna serta dapat memindahkan barang secara otomatis. Hasil penelitian menunjukkan robot mampu memindahkan barang yang berwarna merah, hijau dan biru yang bergerak pada jalur lintasan yang telah ditentukan [12]. Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Sudimanto dan Kevin yang membuat penelitian tentang “Perancangan Robot Pemindah Barang Berbasis *Line Follower*”. Tujuan penelitian tersebut adalah merancang robot yang dapat memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain melalui jalur lintasan yang telah ditentukan. Robot dilengkapi dengan sensor warna sebagai pendeteksi barang. Hasil penelitian menunjukkan robot mampu memindahkan barang ke tempat tujuan dengan mengikuti jalur atau *line follower* yang ditentukan dan mampu mendeteksi ada tidaknya muatan [13].

Aan Marianto dan Muchlas telah meneliti tentang “Rancang Bangun Robot *Forklift* dengan Kendali *smartphone* Aandroid Berbasis Arduino Mega 2560”. Tujuan penelitian adalah untuk merancang bangun robot *forklift* yang dapat dikendalikan via *smartphone* android. Komunikasi antara robot dan *smartphone* pengendali pada operator menggunakan modul Bluetooth HC-05. Hasil penelitian menunjukkan robot *forklift* mampu membaca perintah dari kontrol *smartphone* pada jarak maksimum 35 meter. Robot mampu mengangkat dan memindahkan objek barang dengan berat maksimum 200 gram, dengan kecepatan rata-rata robot adalah 0,47 km/jam atau 0,13 m/s [3]. Sementara pada penelitian ini robot mampu mengangkat beban maksimum 2600 gram dengan kecepatan rata-rata robot adalah 3,49 km/jam atau 0,97 m/s.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Kendaraan *Forklift* dapat dibangun dengan mode kontrol jarak jauh tanpa perlu *driver* yang berada pada kemudi *forklift* tersebut, dalam bentuk robot atau sistem mekatronika yang berbasis *internet of things*. Robot yang dirancang dengan dimensi 55cm x 35 cm x 50 cm dan terbuat dari material pelat besi ini memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan Robot *Forklift* pada penelitian sejenis di atas, yaitu bahwa robot memiliki kecepatan laju yang lebih cepat dan jalur pergerakan robot tidak bergantung pada jalur atau lintasan bergaris. Robot juga mampu mendeteksi objek penghalang secara otomatis walaupun robot dikontrol oleh operator. Robot mampu mengangkat benda yang lebih berat dengan beban maksimum hingga 2600 gram dengan kecepatan laju rata-rata 3,49 km/jam saat melaju lurus dan 2,91 km/jam saat melaju berbelok. Kekurangan dari Robot *Forklift* dalam penelitian ini adalah bahwa robot tidak bersifat *autonomous* atau tidak *full* otomatis dalam bergerak, mengangkat dan memindahkan barang. Robot *Forklift* ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mampu mengangkat beban yang lebih berat dengan peningkatan dimensi robot dan garpunya, penyesuaian ukuran roda *mecanum* dan memperbesar torsi motor pengangkat (garpu) *forklift*, penambahan sensor *proximity* dan radar, serta peningkatan resolusi kamera depan untuk lebih memudahkan operator mengendalikan robot dari jarak jauh.

REFERENSI

- [1] Putri Ida, Idhar, dan Ahmad Risal, “Rancang Bangun Robot Pengangkut Barang dengan Teknik Path Planning,” *Jurnal Elektronika Telekomunikasi dan Komputer (JETC)*, vol. 14, no. 12, hal. 1-10. 2019.

- [2] Ignatius Henry Adi Nagoro, Bias Kumoro Jati, Niki Agastia Mutaqin, "Rancang Bangun Forklift Autonomous Driving System Menggunakan Arduino," *Journal of Automotive Engineering and Vocational Education*, vol. 2, no. 2, hal. 73-80, 2021. <https://doi.org/10.24036/aej.v2i2.26>
- [3] Abdul Tahir dan Irdam, "Prototype Forklift Sebagai Media Pembelajaran dengan Pengendali Jarak Jauh," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 7, no. 1, hal. 2111-2119, 2023. <https://doi.org/10.31004/iptam.v7i1.5532>
- [4] Phoa Marcellino Siva, Florentinus Budi Setiawan, Slamet Riyadi, Leonardus Heru Pratomo, "Desain dan Implementasi Mekanisme Smart Forklift pada AGV Berbasis Raspberry Pi 4 Model B," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSIIN)*, vol. 9, no. 2, hal. 169-172, 2021. <http://dx.doi.org/10.26418/justin.v9i2.43476>
- [5] Aan Marianto dan Muchlas, "Rancang Bangun Robot Forklift dengan Kendali smartphone Android Berbasis Arduino Mega 2560," *Jurnal Ilmu Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, vol. 3, no. 2, hal. 65-72, 2017.
- [6] Gun Gun Maulana, Hendy Rudiansyah dan Salwa Nahlya Tazkia, "Automation Forklift System untuk Penyimpanan Produk pada Gudang Berbasis Labview," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi (JuTISI)*, vol. 6, no. 1, hal. 82-91, 2020. <https://dx.doi.org/10.28932/jutisi.v6i1.2334>
- [7] Rais dan Irawan Pudja Hardjana, "Perancangan Robot Pemindah Barang Line Follower Berbasis Mikrokontroler PIC 16F877," *Jurnal Smart Comp*, vol. 7, no. 2, hal. 267-273, 2018.
- [8] Budi Herdiana, Zainal Mutaqin, "Perancangan Prototype Robot Forklift Penyusun Barang Otomatis 3 Lantai Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal TELEKONTRAN*, vol. 5, no. 2, hal. 131-144, 2017. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v5i2>
- [9] Andres L. Jutinico, Gustavo A. R. Rodriguez, Julian Rolando Camargo Lopez. "Wearable Sensor Network for Lower Limb Angle Estimation in Robotics Applications," *TELKOMNIKA* Vol. 21, No. 2, April 2023, pp. 390~399. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v21i2.23483>
- [10] M. Irmansyah, Tuti Angraini, Laras Novita, "Robot Forklift Dengan Sensor Cahaya Sebagai Penentu Warna Barang Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Elektron*, vol. 9, no. 2, hal. 25-32, 2017. <https://doi.org/10.30630/eji.9.2.92>
- [11] Risno Hamid, "Rancang Bangun Robot Pengangkat Box Berbasis Mikrokontroler ATmega16," *Jurnal PROtek*, vol. 4, no. 2, hal. 93-101, 2017. <https://doi.org/10.33387/protk.v4i2.407>
- [12] Aji Brahma Nugroho dan Fahmi Hafid Lantikawan, "Rancang Bangun Robot Pemindah Barang Berdasarkan Warna Berbasis Mikrokontroler Parallax BS2P40," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Indonesia (JUSTINDO)*, vol. 2, no. 2, hal. 143-157, 2017. <https://doi.org/10.32528/justindo.v2i2.1051>
- [13] Sudimanto dan Kevin, "Perancangan Robot Pemindah Barang Berbasis Line Follower," *TESLA*, vol. 22, no. 1, hal. 1-11, 2020. <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i1.7807>