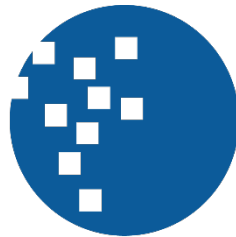


**PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN
KOMUNIKASI SERIAL DENGAN ROS 2 DAN
PENGGABUNGAN SENSOR LiDAR PADA
*INDOOR MECANUM WHEELED MOBILE ROBOT***



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

TUGAS AKHIR

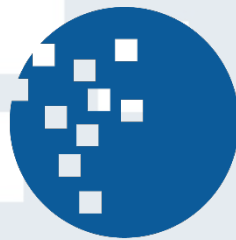
Hardson

0000044381

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2024

**PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN
KOMUNIKASI SERIAL DENGAN ROS 2 DAN
PENGGABUNGAN SENSOR LiDAR PADA
*INDOOR MECANUM WHEELED MOBILE ROBOT***



UMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik Elektro (S. T.)

Hardson

00000044381

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA**

TANGERANG

2024

ii

Pengembangan dan Penerapan..., Hardson, Universitas Multimedia Nusantara

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Hardson

Nomor Induk Mahasiswa : 00000044381

Program studi : Teknik Elektro

Tugas Akhir dengan judul:

**PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN KOMUNIKASI SERIAL DENGAN
ROS 2 DAN PENGGABUNGAN SENSOR LIDAR PADA INDOOR
MECANUM WHEELED MOBILE ROBOT**

merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari karya ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan skripsi maupun dalam penulisan laporan skripsi, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk Tugas Akhir yang telah saya tempuh.

Tangerang, 29 Mei 2024



(Hardson)

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA
NUSANTARA

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul

PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN KOMUNIKASI SERIAL DENGAN ROS 2 DAN PENGGABUNGAN SENSOR LIDAR PADA INDOOR MECANUM WHEELED MOBILE ROBOT

Oleh

Nama : Hardson
NIM : 00000044381
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Informatika

Telah diujikan pada hari Rabu, 29 Mei 2024
Pukul 13.00 s.d 16.30 dan dinyatakan
LULUS

Dengan susunan penguji sebagai berikut.

Ketua Sidang



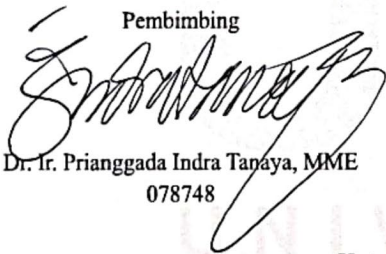
M.B. Nugraha, S.T., M.T.
063831

Penguji



Dr. Rangga Winantyo Ph.D., M.Sc., BCS
075103

Pembimbing



Dr. Ir. Prianggada Indra Tanaya, MME
078748

Pembimbing



Ir. Arko Djaadi, M.Sc., Ph.D
078764

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ahmad Syahril Muharom, S. Pd., M. T.

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hardson
NIM : 00000044381
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : ~~D3~~/S1/S2 (pilih salah satu)
Judul Karya Ilmiah : Pengembangan dan Penerapan Komunikasi Serial dengan ROS 2 dan Penggabungan Sensor LiDAR pada Indoor Mecanum Wheeled Mobile Robot

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia (pilih salah satu):

- Saya bersedia memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk mempublikasikan hasil karya ilmiah saya ke dalam repositori Knowledge Center sehingga dapat diakses oleh Sivitas Akademika UMN/Publik. Saya menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial. Saya tidak akan mencabut kembali izin yang telah saya berikan dengan alasan apapun.
- Saya tidak bersedia mempublikasikan hasil karya ilmiah ini ke dalam repositori Knowledge Center, dikarenakan: Dalam proses pengajuan penerbitan ke dalam jurnal/konferensi nasional/internasional (dibuktikan dengan *letter of acceptance*)*.

Tangerang, 17 Mei 2024


(Hardson)

* Jika tidak bisa membuktikan LoA jurnal/HKI, saya bersedia mengizinkan penuh karya ilmiah saya untuk dipublikasikan ke KC UMN dan menjadi hak institusi UMN.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas selesainya penulisan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul: **“Pengembangan dan Penerapan Komunikasi Serial dengan ROS 2 dan Penggabungan Sensor LiDAR pada Indoor Mecanum Wheeled Mobile Robot”** dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Strata Satu Jurusan Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ninok Leksono, selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
2. Dr. Eng. Niki Prastomo, selaku Dekan Fakultas Universitas Multimedia Nusantara.
3. Ahmad Syahril Muharom, S.Pd., M.T., selaku Ketua Program Studi Universitas Multimedia Nusantara.
4. Dr. Ir. Prianggada Indra Tanaya, MME sebagai Pembimbing Utama dan Ir. Arko Djajadi, M.Sc., Ph.D sebagai Pembimbing Kedua yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan dan motivasi atas terselesainya laporan ini.
5. M. B. Nugraha, S. T., M. T., dan Megantara Pura, S.T., M. T., sebagai dosen-dosen yang meluangkan waktunya untuk berdiskusi mengenai tugas akhir ini.
6. Keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
7. Teman - teman prodi Teknik Elektro angkatan 2020, kawan seperjuangan, yang saling membantu satu sama lain.

Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat agar dapat memperluas wawasan dan dapat dimanfaatkan untuk penelitian selanjutnya.

Tangerang, 17 Mei 2024



(Hardson)

PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN KOMUNIKASI SERIAL DENGAN ROS 2 DAN PENGGABUNGAN SENSOR LiDAR PADA INDOOR MECANUM WHEELED MOBILE ROBOT

Hardson

ABSTRAK

Indonesia menempati urutan kedua sebagai negara yang mengalami peningkatan persentase jumlah transaksi di *e-commerce* pada tahun 2022. Hal ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan gudang penyimpanan yang lebih efektif dan meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja. Laporan ini menyajikan hasil dari pengembangan dan penerapan komunikasi serial dengan *Robot Operating System 2* (ROS 2) dan penggabungan sensor *Light Detection And Ranging* (LiDAR) pada *indoor mecanum wheeled mobile robot*. Implementasi fisik dan komponen produk sudah berhasil diimplementasikan dengan baik, kecepatan *clock* mikrokontroler optimal pada 200 MHz, subsistem lokomosi telah berhasil berjalan dengan tingkat presisi diatas 98% dengan kecepatan 40 cm/s, komunikasi serial antar subsistem dengan mikrokomputer berhasil terbangun, sensor LiDAR yang digunakan dapat mengukur jarak 1 hingga 12 meter dengan akurat, subsistem *mapping* dapat dilakukan sesaat namun belum dapat melakukan pemetaan secara kontinyu, robot mampu mendeteksi adanya penghalang dan berhenti sebelum menabrak penghalang ,dan persiapan algoritma A* dasar sudah dapat menentukan jalur pergerakan dan di visualisasikan.

Kata kunci: LiDAR, *Mecanum Wheeled Robot*, ROS 2, Komunikasi Serial

***Development and Implementation of Serial Communication Using
ROS 2 and LiDAR Sensor Integration on
Indoor Mecanum Wheeled Mobile Robot***

Hardson

ABSTRACT (English)

Indonesia ranks second as a country that experiences an increase in the percentage of transactions in e-commerce by 2022. This leads to an increasing need for more effective storage and minimizing the occurrence of work accidents. This report presents the results of the development and implementation of serial communication with Robot Operating System 2 (ROS 2) and the incorporation of Light Detection And Ranging (LiDAR) sensors on an indoor mecanum wheeled mobile robot. Physical implementation and product components have been successfully implemented properly, the microcontroller clock speed is optimal at 200 MHz, the locomotion subsystem has successfully run with a precision level above 98% with a speed of 40 cm/s, serial communication between subsystems with a microcomputer has been successfully established, the LiDAR sensor used can measure distances of 1 to 12 meters accurately, the mapping subsystem can be done for a moment but has not been able to map continuously, the robot is able to detect obstacles and stop before hitting an obstacle, and the basic A algorithm preparation can determine the path of movement and be visualized.*

Keywords: *LiDAR, Mecanum Wheeled Robot, ROS 2, Serial Communication*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH MAHASISWA	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT (English)</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	5
1.3 Konsep Sistem.....	6
1.4 Batasan Sistem	6
1.5 Fungsi dan Manfaat Sistem	7
BAB II KONSEP DESAIN & SPESIFIKASI SISTEM.....	8
2.1 Konsep Desain Sistem	8
2.2 Spesifikasi Sistem.....	10
2.3 Metode Verifikasi Spesifikasi.....	13
BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM	16
3.1 Tinjauan Desain Sistem	16
3.2 Implementasi Sistem	22
3.2.1 Hasil Implementasi.....	22
3.2.2 Hambatan dan Solusi Implementasi	28
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM	31
4.1 Studi Kasus 1: Uji Coba Pembacaan <i>Encoder</i> dengan <i>Clock Speed</i> Berbeda.....	31
4.1.1 Tujuan Pengujian.....	31
4.1.2 Prosedur Pengujian.....	31
4.1.3 Hasil Pengujian dan Analisa Hasil Pengujian.....	32

4.2	Studi Kasus 2: Pergerakan Lurus Arah Maju dan Pergerakan Arah Mundur	42
4.2.1	Tujuan Pengujian.....	42
4.2.2	Prosedur Pengujian.....	42
4.2.3	Hasil Pengujian dan Analisa Hasil Pengujian.....	43
4.3	Studi Kasus 3: Komunikasi Serial yang Diintegrasikan dengan ROS 2	46
4.3.1	Tujuan Pengujian.....	46
4.3.2	Prosedur Pengujian.....	46
4.3.3	Hasil Pengujian dan Analisa Hasil Pengujian.....	47
4.4	Studi Kasus 4: Verifikasi Pembacaan Sensor LiDAR	49
4.4.1	Tujuan Pengujian.....	49
4.4.2	Prosedur Pengujian.....	49
4.4.3	Hasil Pengujian dan Analisa Hasil Pengujian.....	50
4.5	Studi Kasus 5: Pembacaan sensor LiDAR dan Pemetaan <i>Grid Occupancy Map</i>	54
4.5.1	Tujuan Pengujian.....	54
4.5.2	Prosedur Pengujian.....	54
4.5.3	Hasil Pengujian dan Analisa Hasil Pengujian.....	55
4.6	Studi Kasus 6: Berhenti Saat Terdapat Halangan Statis	59
4.6.1	Tujuan Pengujian.....	59
4.6.2	Prosedur Pengujian.....	59
4.6.3	Hasil Pengujian dan Analisa Hasil Pengujian.....	59
4.7	Persiapan Algoritma <i>Path Planning A*</i>	66
BAB V	SIMPULAN DAN SARAN	70
5.1	Simpulan.....	70
5.2	Saran.....	70
LAMPIRAN	76

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 - Penjelasan DFD Level 0 Produk.....	16
Tabel 3.2 - Penjelasan DFD Level 1 Produk.....	17
Tabel 3.3 - Penjelasan DFD Level 2 Subsitem <i>Mapping</i>	18
Tabel 3.4 - Penjelasan DFD Level 2 Subsistem Lokomosi	19
Tabel 4.1 - Hasil pembacaan <i>encoder</i> pada <i>clock speed</i> 125 MHz.....	32
Tabel 4.2 - Hasil pembacaan <i>encoder</i> pada <i>clock speed</i> 150 MHz.....	34
Tabel 4.3 - Hasil pembacaan <i>encoder</i> pada <i>clock speed</i> 176 MHz.....	36
Tabel 4.4 - Hasil pembacaan <i>encoder</i> pada <i>clock speed</i> 200 MHz.....	38
Tabel 4.5 - Hasil pembacaan <i>encoder</i> pada <i>clock speed</i> 225 MHz.....	40
Tabel 4.6 - Hasil Percobaan Subsistem Lokomosi Gerakan Maju.....	43
Tabel 4.7 - Hasil Percobaan Subsistem Lokomosi Gerakan Mundur	44
Tabel 4.8 - Hasil Percobaan Verifikasi Jarak Pembacaan Sensor LiDAR.....	50
Tabel 4.9 - Hasil Percobaan Verifikasi Pembacaan Sensor LiDAR	51
Tabel 4.10 – Hasil Pengujian Respons Sistem dari Mendeteksi Penghalang Hingga Roda Berhenti.....	63

UMMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 - Peringkat Peningkatan Jumlah Transaksi di <i>E-commerce</i>	1
Gambar 1.2 – Posisi <i>Mecanum Wheel</i> pada Robot dengan Struktur Persegi Panjang [30]	5
Gambar 1.3 - Manuver <i>Mobile Robot</i> dengan Empat Roda <i>Mecanum</i> [31]	5
Gambar 2.1 - Model 3D IMWMMR	8
Gambar 2.2 - Pandangan Isometrik IMWMMR.....	9
Gambar 2.3 - Data Flow Diagram Subsistem Mapping dan Lokomosi.....	10
Gambar 3.1 - DFD Level 0 Produk.....	16
Gambar 3.2 - DFD Level 1 Produk.....	17
Gambar 3.3 - DFD Level 2 Subsistem <i>Mapping</i>	18
Gambar 3.4 - DFD Level 2 Subsistem Lokomosi.....	19
Gambar 3.5- <i>Wiring Diagram</i> Subsistem <i>Mapping</i>	20
Gambar 3.6- <i>Wiring Diagram</i> Subsistem Lokomosi.....	21
Gambar 3.7 - Sasis dari Produk.....	22
Gambar 3.8 - Bagian Pintu Akses	23
Gambar 3.9 - Bentuk dan Ukuran Akrilik pada Alas Badan Utama.....	24
Gambar 3.10 - Bentuk dan Ukuran Akrilik pada Dinding Badan Utama	24
Gambar 3.11 - Bentuk dan Ukuran Akrilik pada Panel	25
Gambar 3.12 - Tampak Atas Bagian Badan utama.....	27
Gambar 4.1 - Grafik Hasil Pembacaan <i>Encoder</i> pada Empat Roda dengan <i>Clock Speed</i> 125 MHz	33
Gambar 4.2 - Grafik Hasil Pembacaan <i>Encoder</i> pada Empat Roda dengan <i>Clock Speed</i> 150 MHz	35
Gambar 4.3 - Grafik Hasil Pembacaan <i>Encoder</i> pada Empat Roda dengan <i>Clock Speed</i> 176 MHz	37
Gambar 4.4 - Grafik Hasil Pembacaan <i>Encoder</i> pada Empat Roda dengan <i>Clock Speed</i> 200 MHz	39
Gambar 4.5 - Grafik Hasil Pembacaan <i>Encoder</i> pada Empat Roda dengan <i>Clock Speed</i> 225 MHz.....	41
Gambar 4.6- Grafik yang Menunjukkan Jarak yang Ditempuh Sistem Lokomosi Selama Sepuluh Percobaan Dalam Pergerakan Maju	43
Gambar 4.7 - Grafik yang Menunjukkan Jarak yang Ditempuh Sistem Lokomosi Selama Sepuluh Percobaan Dalam Pergerakan Mundur.....	44
Gambar 4.8 – (a) Terminal Pada Raspberry Pi 4 Ketika Komunikasi dengan Raspberry Pico Lokomosi Sedang Terjadi, Hasil Log yang Menunjukkan Action Node Berhasil Berjalan, (b) Terminal Pada Raspberry Pi 4 Ketika Komunikasi dengan Raspberry Pico Lokomosi Sedang Terjadi, Terminal dari Teleop Keyboard yang Mem-publish Perintah Pergerakan	47
Gambar 4.9 - Terminal Pada Raspberry Pi 4 Ketika Komunikasi dengan Raspberry Pico Ultrasonik Sedang Terjadi, Pengiriman 12 data dari sensor ultrasonik ke Raspberry Pi 4	48

Gambar 4.10 - Pergerakan yang Terjadi Pada Robot setelah Diberi Perintah Maju, Roda Bergerak Maju. Robot Diangkat agar Dapat Mengamati Pergerakan Roda Yang Terjadi.....	48
Gambar 4.11 – Grafik Perbandingan Jarak Sebenarnya dengan Jarak Pengukuran	51
Gambar 4.12 – Ilustrasi Skenario Pengujian pembacaan sensor LiDAR dan Anotasinya.....	52
Gambar 4.13 – (a) Terminal Pada Raspberry Pi 4 Ketika Menjalankan Pengujian laser_scan, Menjalankan <i>Robot State Publisher</i> , (b) Terminal Pada Raspberry Pi 4 Ketika Menjalankan Pengujian laser_scan, Menjalankan LiDAR untuk Melakukan Pembacaan Jarak.	55
Gambar 4.14 - Tampilan RVIZ2 dari laser_scan, Tanpa Penghalang	55
Gambar 4.15 - Tampilan RVIZ2 dari laser_scan, Dengan Penghalang.....	56
Gambar 4.16 – (a) Terminal Pada Raspberry Pi 4 Ketika Menjalankan Pengujian Pemetaan, Menjalankan <i>slam_toolbox</i> untuk Pemetaan, (b) Terminal Pada Raspberry Pi 4 Ketika Menjalankan Pengujian Pemetaan, Menjalankan RVIZ2 untuk visualisasi.....	57
Gambar 4.17 - Tampilan RVIZ2 dari Hasil Pemetaan Tanpa Penghalang.....	57
Gambar 4.18 - Tampilan RVIZ2 dari Hasil Pemetaan Dengan Penghalang.....	58
Gambar 4.19 - Foto Skenario Pengujian dengan Perintah Maju.....	59
Gambar 4.20 - Foto Robot Menabrak Objek namun Dapat Berhenti (Bukan Karena Menabrak), dengan PWM 100/255, Jarak Deteksi $r = 38.57$ cm	60
Gambar 4.21 - Foto Robot diberi Perintah Maju Saat Jarak Robot Dekat Dengan Objek, Robot Tidak Bergerak Maju.....	60
Gambar 4.22 - Foto Skenario Pengujian dengan Perintah Mundur	61
Gambar 4.23 - Foto Robot Menabrak Objek namun Dapat Berhenti (Bukan Karena Menabrak), dengan PWM 100/255, Jarak Deteksi $r = 38.57$ cm	61
Gambar 4.24 - Foto Robot diberi Perintah Mundur Saat Jarak Robot Dekat Dengan Objek, Robot Tidak Bergerak Mundur.....	62
Gambar 4.25 – Grafik Pengujian Respons Sistem	64
Gambar 4.26 – Robot Bergerak Maju dan Berhasil Berhenti Pada Jarak >18cm dari Penghalang Setelah Ditambahkan <i>Trigger Distance</i>	65
Gambar 4.27 – Robot Bergerak Mundur dan Berhasil Berhenti Pada Jarak >18cm dari Penghalang Setelah Ditambahkan <i>Trigger Distance</i>	65
Gambar 4.28 – Flowchart Algoritma A*	67
Gambar 4.29 – Potongan Kode Perhitungan <i>Heuristic</i>	67
Gambar 4.30 – Potongan Kode Algoritma A*	68
Gambar 4.31 – Visualisasi penentuan jalur oleh algoritma A*	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A: Kode Program obs_av_node.py, algoritma obstacle avoidance.....	76
Lampiran B: Kode Program teleop_key_move.py, untuk memberi perintah pergerakan melalui keyboard.....	78
Lampiran C: Kode Program ultra_talk.py, berisi publisher data dari subsistem sensing.....	80
Lampiran D: Kode Program encoder_talk.py, berisi publisher data dari encoder roda.....	81
Lampiran E: Kode Program Str_pico0_server.py, server untuk mengirim perintah pergerakan.....	82
Lampiran F: Kode Program Str_coms_client.py, client untuk mengirim perintah pergerakan.....	84
Lampiran G: Kode Program rplidar.launch.py, kumpulan parameter untuk mengaktifkan sensor RPLIDAR.....	86
Lampiran H: Kode Program rsp.launch.py, untuk mendefinisikan robot.....	88
Lampiran I: Kode Program lidar.xacro, merupakan deskripsi dari sensor RPLIDAR pada RVIZ2.....	89
Lampiran J: Kode Program robot.urdf.xacro, merupakan deskripsi yang merepresentasikan robot dalam RVIZ2.....	90
Lampiran K: Kode Program Mikrokontroler Lokomosi, untuk menerima perintah pergerakan dan memberi perintah pergerakan ke motor DC serta membaca encoder.....	91
Lampiran L: Kode Program Mikrokontroler Sensing, untuk melakukan pembacaan 12 sensor ultrasonik dan mengirimkannya menggunakan komunikasi serial.....	96
Lampiran M: Formulir Konsultasi Skripsi Pembimbing Utama.....	99
Lampiran N: Formulir Konsultasi Skripsi Pembimbing Kedua.....	100

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A