



## AUTONOMOUS MOBILE ROBOT DENGAN MENGGUNAKAN METODE SIMULTANEOUS LOCALIZATION AND MAPPING BERBASIS LIDAR

Mashur Arbi Maulana<sup>1</sup>, Reynaldi Novian<sup>2</sup>, Muhammad Iqbal Nugraha<sup>3</sup>,  
I Made Andik Setiawan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>*Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung*  
[arbimaulana856@gmail.com](mailto:arbimaulana856@gmail.com), [reynaldinovian211@gmail.com](mailto:reynaldinovian211@gmail.com)

### ABSTRAK

*Robot mobil otonom adalah sebuah robot yang dapat bergerak secara mandiri dari satu titik ke titik lainnya. Robot mobil otonom sangat diperlukan untuk bekerja di lingkungan yang berbahaya atau beresiko tinggi untuk manusia. Untuk dapat bergerak otonom, maka robot harus dapat mengenali lingkungan sekitarnya dan juga dapat mengetahui lokasinya pada lingkungan tersebut. Pengenalan lingkungan ini berbentuk pemetaan dua dimensi (2D) dan lokalisasi atau pemosisian robot dari peta tersebut. Metode pemetaan dan lokalisasi yang digunakan adalah Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) dengan bantuan sensor RPLidar AIM8 dan Robot Operating System (ROS). Dari hasil pengujian, robot mobil mampu melakukan pemetaan dan menyampaikan informasi posisi robot pada lingkungan dengan persentase error pada saat pemetaan sebesar 0,20% dan lokalisasi sebesar 1,52%. Untuk error pembacaan jarak dan sudut pada sensor adalah 1,21%. Secara keseluruhan robot mobil ini dapat diterapkan pada area ruangan kosong dengan halangan sederhana.*

*Kata Kunci: Autonomous Movement, LIDAR, ROS, SLAM*

### ABSTRACT

*Autonomous mobile robot is a robot that can move independently from point to point. Which is important for working in dangerous area. To move independently, the robot must be able to identify its environment and know its position in the form of two-dimensional map. This research used Simultaneous Localization And Mapping (SLAM) method combined with of RPLidar AIM8 sensor and Robot Operating System(ROS) for identification the environment. As a results, Autonomous robot is capable of mapping and delivering information of the robot can map and localize its position in an environment with mapping error 0,20% and 1,52% localization. Distance measurement in various angle tends to stable with mean error 1,21%. Overall, the robot can be used in an empty area or an area with simple obstacle.*

*Keywords: Autonomous Movement, LIDAR, ROS, SLAM*

## 1. PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi robotika telah berkembang dengan sangat pesat. Pengaruh dari perkembangan ini, robot yang sebelumnya bergerak secara manual kini sudah bisa bergerak secara otomatis (Autonomous) (Taufik, 2013). Salah satu jenis pergerakan dari autonomous robot yaitu, autonomous mobile robot. Autonomous mobile robot adalah sebuah kemampuan yang dimiliki oleh sebuah robot untuk berjalan secara mandiri tanpa bantuan dari remote control (manual). Untuk mendapatkan pergerakan autonomous, mobile robot harus mampu mengenali lingkungan yang ada di sekitarnya dan juga harus mengetahui posisinya di lingkungan tersebut (pemetaan & lokalisasi) dengan bantuan sistem navigasi (Rahman, 2020). Autonomous mobile robot ini dapat dimanfaatkan untuk melakukan pekerjaan di lokasi-lokasi yang dianggap rawan terhadap gangguan keamanan. Sehingga manusia tidak perlu lagi untuk turun langsung dalam melakukan pemetaan di tempat yang berbahaya (Prayoga *et al.*, 2017).

Tujuan dari pembuatan mobile robot ini adalah robot mampu menggantikan posisi manusia untuk melakukan pemetaan dan lokalisasi di tempat-tempat yang sulit dijangkau atau berbahaya. Pembuatan mobile robot ini menggunakan metode Hector SLAM dibantu dengan sensor RPLidar A1M8 dan Robot Operating System (ROS).

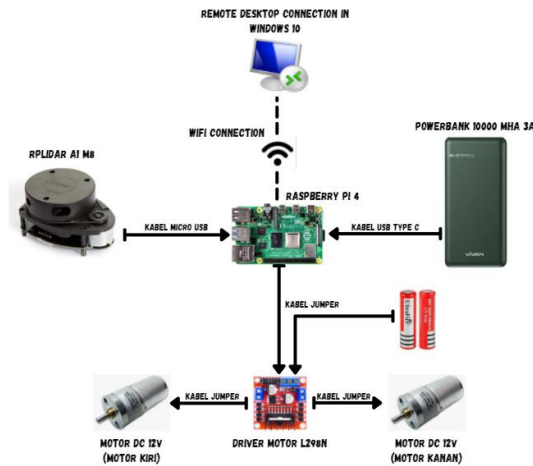
Salah satu metode navigasi yang paling sederhana adalah dengan cara mendeteksi jarak sebuah benda terhadap penghalang disekitar robot menggunakan sensor Ultrasonic. Namun sensor ultrasonic yang diterapkan pada mobile robot ini memiliki keterbatasan, seperti pembacaan jaraknya yang pendek dan rendahnya akurasi pembacaan terhadap sudut (Zahra, Sani and Siregar, 2018). Oleh karena itu, untuk menutupi keterbatasan pembacaan jarak dan sudut digunakanlah sensor Light Detection and Ranging (LIDAR). LIDAR adalah sebuah sensor yang memanfaatkan pantulan sinar laser untuk mengukur jarak terhadap objek yang ada di sekelilingnya dengan cara mengeluarkan sinar laser dari transmitter ke sebuah bidang datar kemudian menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan laser tersebut diterima oleh receptor (Prayoga *et al.*, 2017)

Simultaneous Localization And Mapping (SLAM) adalah suatu cara yang dapat diterapkan pada Autonomous mobile robot, dimana metode ini dapat membantu robot untuk membuat suatu peta dan pada saat yang bersamaan mengindikasikan posisinya pada peta yang dibuat (Prayoga *et al.*, 2010). Terdapat beberapa cara untuk mengaplikasikan algoritma SLAM, salah satunya adalah Hector SLAM (Saat *et al.*, 2020). Hector SLAM adalah suatu metode SLAM yang proses pemetaan & lokalisasinya tanpa menggunakan data odometry. Hector SLAM menghasilkan grid map 2D berdasarkan data yang dikirimkan oleh sensor LIDAR (Putra, Muliady and Setiadarunia, 2020).

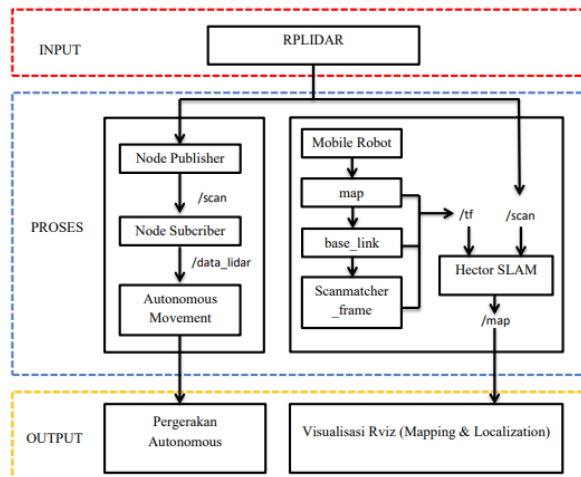
Untuk membantu menggunakan metode Hector SLAM dibutuhkan sebuah sistem pengolah data sensor yang digunakan untuk mengendalikan Autonomous mobile robot, yaitu Robot Operating System (ROS). ROS adalah sebuah middleware yang dapat menghubungkan Hardware robot dengan software yang ada pada robot (Jalil, 2019). ROS memiliki banyak package yang dapat membantu menjalankan Metode SLAM (Sartika *et al.*, 2015). Tujuan penggunaan ROS juga untuk memudahkan para pengembang robot dalam membuat system robot yang diinginkan tanpa harus membuat codingan dari awal serta dapat mengembangkan kode sumber bersama-sama (Jalil, 2018).

## 2. METODE

Adapun tahapan dalam penelitian ini terdiri dari 4 tahapan. Pertama melakukan studi literature serta pengumpulan data yang berkaitan dengan Autonomous mobile robot, SLAM, dan sensor Lidar. Tahapan kedua yaitu perancangan mobile robot baik hardware maupun software. Tahap ketiga yaitu, pembuatan hardware dan software, konstruksi base mobile robot pada penelitian ini dengan membeli konstruksi base mobile robot yang sudah siap pakai, langkah selanjutnya adalah proses ujicoba alat. Tahapan empat yaitu, melakukan analisa terhadap data hasil uji coba yang bertujuan untuk mengetahui kekurangan dari alat yang telah dibuat. Gambar 1 merupakan Gambar Diagram Alat dan Gambar 2 merupakan Gambar Arsitektur Umum Alat.



Gambar 1. Diagram Alat



Gambar 2. Arsitektur Umum Alat

Gambar Diagram Alat dan Diagram Arsitektur Umum Alat diatas menjelaskan proses kerja dari Autonomous Mobile Robot dengan metode SLAM berbasis LIDAR. Jenis sensor LIDAR yang digunakan pada penelitian ini adalah RPLidar A1M8. Jenis ini memiliki akurasi pembacaan jarak dan sudut yang cukup tinggi. Penggunaan sensor RPLidar A1M8 dapat mendukung mobile robot melakukan 2 fungsi secara bersamaan. Pertama adalah autonomous movement

dengan memanfaatkan data jarak dan sudut yang dikirimkan oleh sensor, dan Kedua adalah Mapping & Localization dengan menggunakan metode SLAM yang terdapat pada Robot Operating System (ROS).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Sensor RPLidar A1M8

Pengujian sensor ini bertujuan untuk mengetahui ke akurasion hasil pembacaan jarak sebenarnya dan jarak yang terukur pada sensor. Sensor RPLidar A1M8 ini mampu mendeteksi jarak dan sudut hingga 360°. Pada pengujian jarak ini dilakukan 5 kali percobaan dengan sampel sudut 0°, 90°, 180°, dan 270°.

Tabel 1. Pengujian Akurasi Sensor RPLidar A1M8

| No                | Pengukuran (cm) |     |      |      | Terukur (cm) |     |      |      | Error (%) |      |      |      |
|-------------------|-----------------|-----|------|------|--------------|-----|------|------|-----------|------|------|------|
|                   | 0°              | 90° | 180° | 270° | 0°           | 90° | 180° | 270° | 0°        | 90°  | 180° | 270° |
| 1                 | 160             | 115 | 160  | 160  | 163          | 116 | 162  | 161  | 1,87      | 0,86 | 1,25 | 0,62 |
| 2                 | 160             | 115 | 160  | 160  | 161          | 116 | 164  | 162  | 0,62      | 0,86 | 2,5  | 1,25 |
| 3                 | 160             | 115 | 160  | 160  | 162          | 116 | 163  | 162  | 1,25      | 0,86 | 1,87 | 1,25 |
| 4                 | 160             | 115 | 160  | 160  | 162          | 116 | 163  | 161  | 1,25      | 0,86 | 1,87 | 0,62 |
| 5                 | 160             | 115 | 160  | 160  | 162          | 116 | 163  | 161  | 1,25      | 0,86 | 1,87 | 0,62 |
| Rata – Rata Error |                 |     |      |      |              |     |      |      | 1,21 %    |      |      |      |

Berdasarkan tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa rata – rata error pembacaan sensor RPLidar sebesar 1,21%.

#### 3.2 Pengujian Mapping Pada Hector SLAM

Pengujian mapping pada Hector SLAM ini bertujuan untuk mengetahui ke akurasion ukuran hasil mapping terhadap arena sebenarnya. Mapping ini terbentuk berdasarkan hasil pembacaan sensor RPLidar A1M8 berupa jarak dan sudut yang telah di proses oleh Hector SLAM. Pengujian mapping dilakukan pada arena dengan Panjang 243,2 cm dan Lebar 245,5 cm. Gambar arena pengujian dan hasil mapping ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Arena Pengujian (a) Ruangannya sebenarnya; (b) Hasil Mapping

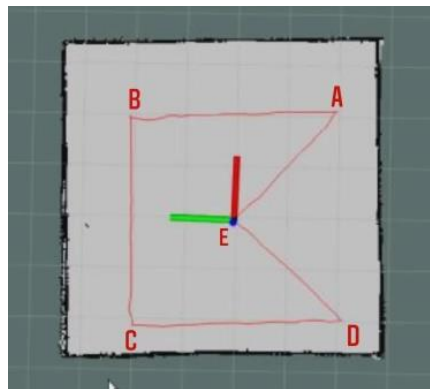
Tabel 2. Tabel Pengujian Mapping Pada Hector SLAM

| No                | Pengukuran (cm) |       | Terukur (cm) |       | Error (%) |       |
|-------------------|-----------------|-------|--------------|-------|-----------|-------|
|                   | P               | L     | P            | L     | P         | L     |
| 1                 | 234,2           | 245,5 | 234,5        | 245,2 | 0,123     | 0,122 |
| 2                 | 234,2           | 245,5 | 234,8        | 245,0 | 0,246     | 0,20  |
| 3                 | 234,2           | 245,5 | 235,1        | 245,1 | 0,411     | 0,162 |
| 4                 | 234,2           | 245,5 | 234,2        | 244,2 | 0         | 0,529 |
| 5                 | 234,2           | 245,5 | 234,6        | 245,7 | 0,164     | 0,081 |
| Rata – Rata Error |                 |       |              |       | 0,2038 %  |       |

Berdasarkan tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa rata – rata error pada pengujian mapping dengan Hector SLAM sebesar 0,2038%.

### 3.3 Uji Coba Lokalisasi

Pengujian lokalisasi ini menggunakan metode Hector SLAM. Uji coba ini bertujuan untuk mengetahui ke akuratan koordinat yang ditampilkan Rviz saat robot berpindah dari satu titik ke titik lain yang telah di tentukan. Rviz adalah sebuah media visualisasi 2D yang terdapat pada ROS. Lokalisasi pada Hector SLAM ini memanfaatkan salah satu package TF (Transform) yaitu base\_link. TF (Transform) adalah sebuah package yang memungkinkan pengguna mengetahui beberapa koordinat frame yang ada pada robot. TF base\_link merupakan sebuah frame yang terdapat pada base robot yang dapat menampilkan data posisi robot pada map. Gambar 5 menunjukkan Uji coba lokalisasi pada Hector SLAM.



Gambar 4. Uji Coba Lokalisasi

Tabel 3. Uji Coba Lokalisasi

| Titik             | Posisi (cm) |     | Posisi pada Rviz (cm) |        | Error (%) |       |
|-------------------|-------------|-----|-----------------------|--------|-----------|-------|
|                   | X           | Y   | X                     | Y      | X         | Y     |
| A                 | 80          | -80 | 81,25                 | -80,65 | 1,56      | 0,81  |
| B                 | 80          | 80  | 79,56                 | 80,17  | 0,55      | 0,175 |
| C                 | -80         | 80  | -80,74                | 78,83  | 0,32      | 1,46  |
| D                 | -80         | -80 | -80,14                | 83,03  | 0,175     | 3,78  |
| E                 | 0           | 0   | 0,12                  | 0,014  | 1,2       | 1,4   |
| Rata – Rata Error |             |     |                       |        | 1,523 %   |       |

Berdasarkan tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa rata – rata error pada pengujian lokalisasi pada Rviz sebesar 1,523%. Error ini disebabkan kesalahan penentuan titik tengah yang ada pada sensor RPLidar karena perpindahan dari titik ke titik dilakukan secara manual.

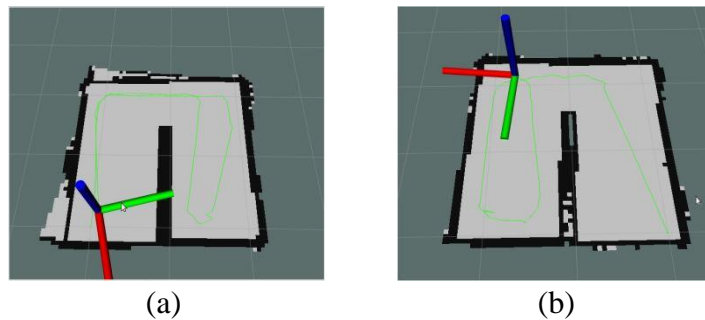
### 3.4 Uji Coba Autonomous Movement

Uji coba autonomous movement bertujuan untuk mengetahui apakah mobile robot mampu bernavigasi untuk membantu proses pembuatan mapping & localization sesuai dengan arena percobaan yang telah dibuat. Gambar 6 menunjukkan arena percobaan yang digunakan.



Gambar 5 Arena Percobaan

Pengujian ini dilakukan sebanyak 2 kali dengan Titik Start yang berbeda. Gambar 7 menunjukkan hasil pemetaan & lokalisasi menggunakan autonomous movement.



Gambar 6 Hasil Ujicoba (a) Titik Start 1; (b) Titik Start 2

Dari percobaan autonomous movement diatas didapatkan bentuk peta yang menyerupai bentuk arena aslinya. Hasil peta yang berlebihan dikarenakan pergerakan robot yang kurang stabil (tidak konstan). Untuk mendapatkan hasil peta yang bagus, mobile robot harus bergerak secara perlahan pada saat menyusuri arena yang disiapkan.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil data pengujian dan analisis yang telah didapatkan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil pembacaan jarak pada sensor RPLidar A1M8 memiliki rata – rata error sebesar 1,21% terhadap jarak sebenarnya.
- Dari hasil pengujian mapping dengan Hector SLAM menggunakan sensor lidar terhadap arena pengujian memiliki rata – rata error sebesar 0,2038%.
- Ujicoba lokalisasi yang dilakukan dengan menggunakan package TF yang terdapat pada Hector SLAM terhadap arena percobaan memiliki rata – rata error hingga 1,523%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan

sensor RPLidar A1M8 untuk melakukan lokalisasi dan mapping sudah sangat baik karena sensor memiliki nilai error yang sangat rendah.

- Dari hasil percobaan Autonomous movement yang telah didapatkan, mobile robot mampu bergerak secara mandiri untuk membantu proses mapping & lokalization. Untuk mendapatkan hasil mapping & lokalization yang baik, mobile robot harus berjalan secara perlahan ketika menyusuri arena yang disiapkan.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, serta pihak-pihak yang telah membantu dan mensupport dalam pembuatan Paper ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Jalil, A. (2018) 'ROBOT OPERATING SYSTEM (ROS) DAN GAZEBO SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN ROBOT INTERAKTIF', *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 10, pp. 284–289.
- Jalil, A. (2019) 'Pemanfaatan Middleware Robot Operating System (Ros) Dalam Menjawab Tantangan Revolusi Industri 4.0', *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 11(1), pp. 45–52. doi: 10.33096/ilkom.v11i1.412.45-52.
- Prayoga, S. *et al.* (2010) 'EKF SLAM menggunakan Lidar', pp. 135–140.
- Prayoga, S. *et al.* (2017) 'Sistem Pemetaan Ruang 2D Menggunakan Lidar', 9(1), pp. 73–79.
- Putra, T. A., Muliady, M. and Setiadikarunia, D. (2020) 'Navigasi Indoor Berbasis Peta pada Robot Beroda dengan Platform Robot Operating System', *Jetri : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 17(2), p. 121. doi: 10.25105/jetri.v17i2.5447.
- Rahman, A. (2020) 'Penerapan SLAM Gmapping dengan Robot Operating System Menggunakan Laser Scanner pada Turtlebot', *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 16(2). doi: 10.17529/jre.v16i2.16491.
- Saat, S. *et al.* (2020) 'HECTORSLAM 2D MAPPING for SIMULTANEOUS LOCALIZATION and MAPPING (SLAM)', *Journal of Physics: Conference Series*, 1529(4). doi: 10.1088/1742-6596/1529/4/042032.
- Sartika, E. M. *et al.* (2015) 'Implementasi Hector Slam Pada Robot Pencari Korban Gempa the Implementation of Hector Slam on the', pp. 383–391.
- Taufik, A. S. (2013) 'Sistem Navigasi Waypoint pada Autonomous Mobile Robot', *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 1(1), pp. 1–6.
- Zahra, L., Sani, M. I. and Siregar, S. (2018) 'Perancangan Dan Implementasi Mapping System Untuk Navigasi Robot ( Robot Cleaner )', *e-Proceeding of Applied Science*, 4(3), pp. 2092–2101.