PENERAPAN *MAPPING LOCATION* DENGAN SENSOR LIDAR PADA AUMR (*AUTOMATIC UVC MOBILE ROBOT*)

APPLICATION OF LOCATION MAPPING WITH LIDAR SENSOR IN AUMR (AUTOMATIC UVC MOBILE ROBOT)

Cindy Widinda Rizkita[1], Angga Rusdinar[2], Azam Zamhuri Fuadi[3]

[1,2,3] Universitas Telkom, Bandung
[1]**cindywidinda@student.telkomuniversity.ac.id**, [2]**anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id**,
[3]**azamzamhurifuadi@telkomuniversity.ac.id**

Abstrak

Kasus *Corona virus Disease* (Covid-19) sejak awal tahun 2020 meningkat pesat diberbagai belahan dunia. Angka kematian akibat virus inipun tidaklah sedikit. Untuk menekan hingga menghentikan penyebaran Covid-19 telah banyak hal-hal yang dilakukan oleh Pemerintah Indonesia. Salah satunya penggunaan desinfektan agar virus yang menempel pada badan atau barang dapat mati. Oleh karena itu dibuatlah AUMR (*Automatic UVC Mobile Robot*) untuk membantu penyemprotan desinfektan diruangan terutama ruang rumah sakit tempat perawatan pasien positif Covid-19.

Untuk itu diterapkan sistem *mapping location* dengan sensor LiDAR untuk meningkatkan kemampuan AUMR. Sensor LiDAR sebagai pemindai lingkungan akan menjadi sensor untuk pembentukan *mapping* 2D.

Pada sistem ini juga dilakukan dengan monitoring jarak jauh pada suatu display dengan memanfaatkan Xrdp. Monitoring yang dilakukan akan difokuskan pada keakuratan sensor LiDAR membentuk map serta lokalisasi robot dengan menggunakan Ubuntu ROS Melodic sebagai sistem operasinya. Dari hasil pengujian, sensor LiDAR dapat membaca jarak dengan sangat baik karena memiliki error sebesar 1.15%. Sedangkan pada saat pengujian keakuratan map memiliki error sebesar 1.69%. Untuk pengujian lokalisasi dengan memanfaatkan perpindahan robot, sensor LiDAR memiliki error tidak lebih dari 1.5%. Ini membuktikan bahwa sensor LiDAR dapat diterapkan pada pembuatan *mapping location* karena memiliki keakuratan lebih dari 95%.

Dengan diterapkannya sistem ini diharapkan mampu membuat AUMR mencapai keefektifannya dan sebagai batu loncatan untuk pengembangan selanjutnya.
Kata kunci: AUMR, Covid-19, *Mapping Location,* Sensor LiDAR, Xrdp

Abstract

The case of corona virus disease (Covid-19) has been growing rapidly around the world and caused high mortality rate since early 2020. Government attempts to push down virus spreads. Disinfectant is effective killed virus that stick on objects. That is why AUMR (Automatic UVC Mobile Robot) was created to help spray disinfectant in hospital rooms.

Mapping systems with LiDAR sensors are applied to improve the performance of the AUMR. The LiDAR sensor as an environmental scanner that will be a sensor for the formation of 2D mapping.

It was also done by a high-distance display using the Xrdp. Monitoring would be focused on the accuracy of the LiDAR sensors forming a map and robot localization using the Ubuntu ROS Melodic as its operating system. From the results of the test, the LiDAR had an error of 1.15%. Whereas at the time of testing for map accuracy, the LiDAR sensor had an error of 1.69%. For testing localization by incorporating the transfer of robots, the LiDAR had an errors of no more than 1.5%. This proves that the LiDAR sensors can be applied to mapping location because they are more than 95% accurate.

With the implementation of this system, it is expected to be able to make AUMR achieve its effectiveness and as a stepping stone for further development.
***Keyword*: AUMR, Covid-19, *LiDAR Sensor, Location Mapping,* Xrdp**

1. Pendahuluan

Kasus *suspect* dan positif *Corona virus Disease* (Covid-19) di Indonesia tercatat 244.676 kasus dan 9.553 kematian sejak awal maret 2020 hingga pertengahan September 2020 [1]. Menteri Kesehatan RI mengambil tindakan kegiatan isolasi kepada seseorang yang diduga telah terpapar Covid-19 [2]. Pengamatan yang telah dilakukan oleh ahli telah menunjukkan bahwa Covid-19 memiliki 76% kesamaan struktur dengan *Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS). Perkembangan pengamatan lainnya ialah Covid-19 diagnosa terjadinya penularan antar manusia yang berada dalam ruang yang sama dan melakukan kontak dengan virus. Berdasarkan hal tersebut,

ruang rawat atau ruang intensif isolasi merupakan tempat terawan untuk penyebaran virus Covid-19 kepada petugas kesehatan [3], [4].

Untuk itu dikembangkan *Automatic UVC Mobile Robot* (AUMR) guna membantu menekan angka penularan Covid-19. Pada robot AUMR, dimanfaatkannya *remote control* sebagai pengendali robot agar disinfeksi dan sterilisasi bisa dilakukan tanpa campur tangan manusia sehingga mampu mengurangi terinfeksi mikroorganisme bakteri ataupun virus. Robot AUMR memanfaatkan metode UVC yang memiliki manfaat untuk disinfektan, sensing, dan sterilisasi pada SARS karena paparan sinar UVC menyebabkan virus menjadi tidak aktif [3], [4]. Namun penggunaan AUMR masih belum efektif dikarenakan manusia yang mengontrol robot harus mengikuti arah gerak AUMR selama melakukan sterilisasi karena keterbatasan monitoring.

Untuk mencapai keefektifan serta pemanfaatan yang maksimal dalam Tugas Akhir ini akan diterapkan sistem *mapping location* dengan sensor LiDAR [5]. Sistem ini juga menggunakan Xrdp yang berfungsi sebagai pengontrol sistem desktop jarak jauh dengan jarak maksimal mengikuti jauhnya jangkauan *wi-fi* [6]. Pada sistem ini juga berfungsi untuk menampilkan lokalisasi AUMR dalam bentuk koordinat sehingga dapat di ketahui jalur dan perpindahan robot.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Robot AUMR

Automatic UVC Mobile Robot (AUMR) merupakan sebuah pengembangan robot yang memanfaatkan sinar UV untuk melakukan streriliasai pada ruangan. Virus Corona mempunyai kemiripan ketika mereplikasi dan mengorganisasi genomnya. Paparan sinar UVC menyebabkan strain virus Corona, SARS-CoV, menjadi tidak aktif[3], [4]. Metode pemanasan (*heat*), sinar UVC dan treatmen S/D (*solvent/detergen*) juga bisa secara efektif membunuh virus SARS-CoV. Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa Covid-19 sensitive terhadap sinar ultraviolet dan pemanasan (*heat*). Ketika organisme biologi terpapar sinar UV dalam kisaran 200 nm dan 300 nm, maka sinar tersebut akan diserap oleh DNA, RNA dan protein. Penyerapan tersebut akan menyebabkan pecahnya dinding sel protein dan tentunya kemarian organisme tersebut [7].

UVC mobile robot ini memiliki peranan penting, sebab disinfeki dan sterilisasi bisa dilakukan tanpa campur tangan manusia secara langsung. Mobile robot ini bisa dioptimalkan untuk bergerak ke semua sisi ruangan untuk melakukan disinfeksi dan sterilisasi. Maka dari itu sistem kontrol pada robot UVC ini dapat diterapkan dengan menggunakan sensor LiDAR untuk *mapping*. Robot yang dikontrol oleh *remote control* dan telah menyimpan peta ruangan hasil dari *mapping*. Untuk dapat mengakses LiDAR perlu digunakannya sebuah software serta mikroprosesor yang mendukung agar dapat menyimpan hasil *mapping*.

Gambar 1. Robot AUMR.

2.2 SLAM

Simultaneus Localization and Mapping (SLAM) adalah salah satu metode pemetaan lingkungan yang tidak diketahui dengan pengukuran data secara kontinyu [8]. SLAM secara umum memiliki beberapa macam jenis diantaranya GMapping, Hector SLAM, Cartographer, dan MRPT [9]. Diantara keempat jenis SLAM GMapping, Hector SLAM, dan juga Cartographer mendukung jenis peta berupa 2D. Tetapi dari ketiga jenis tersebut masing-masing memiliki karakteristiknya sendiri. Seperti Hector SLAM yang hanya berpaku pada hasil scan dari laser LiDAR serta tidak membutuhkan odometry untuk mengukur jarak pada objek. Untuk Gmapping memiliki algoritma pengambilan sampel yang tinggi, namun hal ini juga membuat computational complexity yang dimiliki meningkat. Selain itu Gmapping juga menggunakan odometry sebagai informasi pengamatan gerak robot. Sedangkan untuk Cartographer, menjalankan pencocokan pemindai korelatif dan juga memerlukan beberapa sensor data untuk mendapatkan posisi perkiraan terbaik submap. Cartographer hanya akan mencocokkan dan bergantung pada scan terakhir serta menggunakan Ceres scan untuk meningkatkan scan pose pada submap. [10]

Jenis sensor yang digunakan pada sistem *mapping location* ini ialah Hector SLAM karena karakteristiknya serta input yang dibutuhkan hanya scan dari laser LiDAR serta mampu menghasilkan *scan* terbaik pada *land-based* robot baik dalam kecepatan normal maupun tinggi.

Hector SLAM sendiri memiliki nilai keluaran dari sensor laser umumnya berupa data point cloud 2D (x, y) atau 3D (x, y, z). Point cloud sensor laser memberikan pengukuran jarak presisi tinggi dan sangat efektif untuk konstruksi peta dengan SLAM. Umumnya, setiap pergerakan diperkirakan secara berurutan dengan mencocokkan point cloud. [11]

2.3 Sensor LiDAR

Sensor LiDAR berfungsi untuk mendeteksi bentuk target yang diinginkan. Cara kerja sensor LiDAR ialah sinar laser yang berdenyut akan ditembakkan kepada target dan pulsa hasil pantulannya akan diukur dengan sensor [12]. Untuk menghasilkan keakuratan yang tinggi, LiDAR menembakkan sinar laser secara terus menerus bahkan bisa mencapai 150.000 laser pulsa perdetik. Hasil dari pantulan tiap laser pulsa yang diterima akan dihitung dan dibandingkan satu sama lain. Dibutuhkan waktu yang singkat untuk LiDAR mengetahui refleksi target dikarenakan kecepatan sinar yang tinggi sekitar 300.000 km/s. Rumus perhitungan yang dimiliki sensor LiDAR untuk mengetahui jarak target ialah :

$$d = \frac{c \times t}{2} \quad (1)$$

Keterangan:
d = jarak antara sensor dan objek yang diukur (m)
c = kecepatan cahaya (3 x 108 m/s)
t = waktu tempuh sinyal (s)

2.4 TF

TF merupakan singkatan dari transform yang banyak diperlukan pada package ROS untuk dipublikasikan. Dalam strukturnya, transform mendefinisikan offset dalam position dan rotation antara frame koordinat yang berbeda [13]. Dengan kata lain merupakan titik tengah dari masing-masing sistem gerak yang diinisialisasi menjadi *parent* dan *child* dimana setiap data TF akan mengalir dari *parent* ke *child*.

Data position yang ditampilkan merupakan data yang diperoleh dari LiDAR yang kemudian diubah menjadi posisi koordinat kartasian dengan rumus sebagai berikut [5]:

$$x = s * cos\ \theta \quad (2)$$

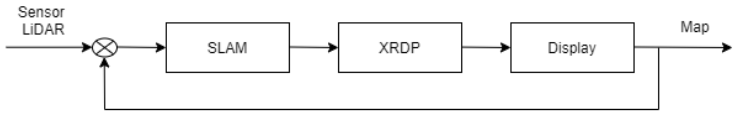
$$y = s * sin\ \theta \quad (3)$$

Dimana :
X = posisi sensor dalam koordinat x
Y = posisi sensor dalam koordinat y
S = jarak tempuh
θ = sudut hadap

3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem

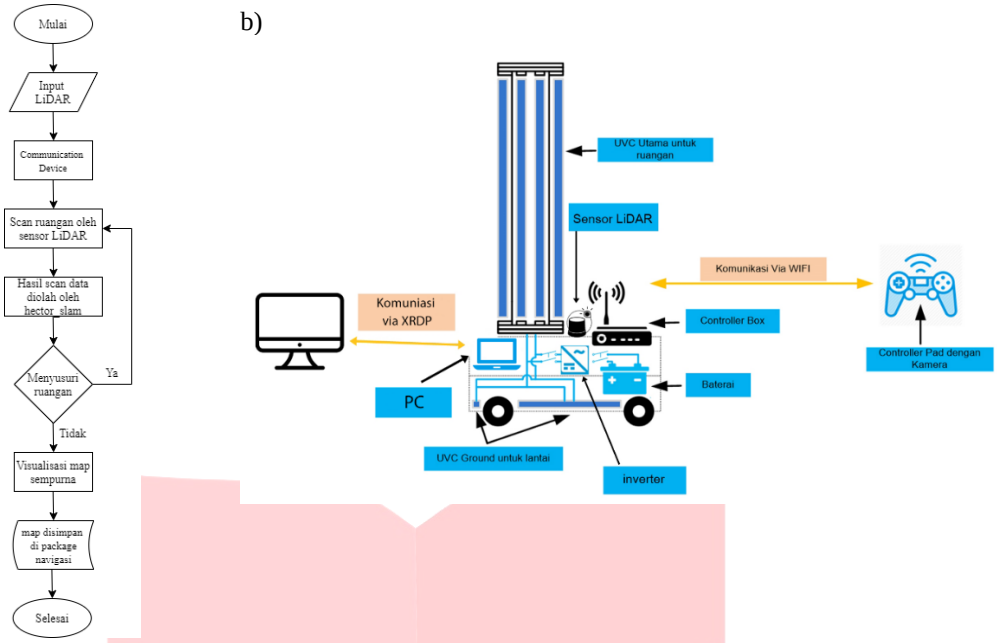
Sistem yang diterapkan ialah penerapan sensor LiDAR untuk melakukan mapping pada satu ruangan. Komunikasi untuk mapping location sendiri akan dilakukan secara real time. Sistem ini memanfaatkan operasi sistem Ubuntu untuk pembuatan map dan mampu dikontrol pada jarak jauh dengan memanfaatkan Xrdp. Pada Gambar 2 merupakan diagram blok sistem mapping location yang memanfaatkan metode SLAM yang ada pada Ubuntu lalu dibantu oleh Xrdp agar dapat ditampilkan ke dalam display yang diinginkan. Sistem akan terus dilakukan hingga display menampilkan map yang sempurna.



Gambar 2. Diagram block sistem.

Gambar 3 a) merupakan skematik flowchart secara berurutan serta 3 b) merupakan desain sistem yang akan diterapkan dengan menggunakan sensor LiDAR dan laptop sebagai mikrokomputer.

a) b)



Gambar 3. a) Flowchart b) Desain sistem pada AUMR.

3.2 Ubuntu (18.04) Bionic Beaver

Ubuntu adalah sebuah sistem operasi yang memiliki dasar kernel Linux yang bersifat open-source dimana pengguna langsung memperoleh software lengkap dengan source code sehingga dimodifikasi hingga mendistribusikan kembali dengan bebas. Ubuntu 18.04 Bionic Beaver karena merupakan versi terbaru dengan LTS (Long Term Support) yang memiliki dukungan jangka panjang antara 3-5 tahun setelah dirilis secara resmi [14]

3.3 *Robot Operating System* (ROS)

Operating System (ROS) adalah sebuah framework yang ada pada Ubuntu yang dapat digunakan untuk pengendalian robot. Servis yang dimiliki ialah abstraksi perangkat keras, implementasi, kendali perangkat tingkat bawah, dan penyampaian pesan atau data proses serta management package. ROS juga memiliki library/package yang mampu mempermudah dalam membangun serta memprogram melalui banyak komputer. Ada 3 jenis ROS yang dapat digunakan yaitu kinetic, melodic, serta noetic [15]. Pada sistem ini digunakan ROS melodic karena dapat mendukung package yang akan digunakan seperti rplidar_ros sebagai kalibrasi pembacaan sensor LiDAR dan hector_slam sebagai *package mapping.*

3.4 Xrdp

Xrdp adalah suatu aplikasi open source yang mengimplementasi Microsoft Remote Desktop Protocol (RDP). Dengan menginstal Xrdp pada sistem operasi selain Windows, pengguna dapat mengontrol dan menggunakan sistem operasi dari jarak jauh. Agar hal tersebut dapat diaplikasikan, masing-masing operasi sistem perlu tersambung pada wi-fi yang sama.

4. Pembahasan

4.1 Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian akurasi dilakukan untuk membandingkan jarak antara pembacaan sensor LiDAR dengan jarak aslinya agar dapat diketahui kualitas sensor yang digunakan. Sensor LiDAR mampu menembak dan menangkap kembali sinar laser yang dimiliki secara 360^{o} disekelilingnya. Untuk itu pada pengujian kali ini dimanfaatkan 8 sudut tertentu untuk dijadikan sampel dalam menguji keakuratan yang dimiliki dengan *package* yang telah dibuat yaitu laser_values.

Setelah terminal menampilkan hasil pembacaan jarak, dilakukan perhitungan nilai error dengan rumus:

$$\text{Error} = \left|\frac{\text{nilai sensor} - \text{nilai aktual}}{\text{nilai aktual}}\right| \times 100\ \% \quad (4)$$

$$\text{Error rata-rata} = \left[\frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}}\right] \quad (5)$$

Perbandingan antara pembacaan yang dilakukan dengan sensor LiDAR dengan jarak aslinya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian akurasi sensor.

Pembacaan Ke-	Sudut (derajat)	Jarak Aktual (meter)	Terukur Oleh Sensor (meter)	Error (%)	Rata-rata Error (%)
1	0/360	2.28	2.33	2.19	1.22
	45	3.52	3.55	0.85	
	90	2.72	2.79	2.57	
	135	3.89	3.88	0.26	
	180	2.20	2.21	0.45	
	225	2.71	2.73	0.74	
	270	1.73	1.77	2.31	
	315	2.37	2.38	0.42	
2	0/360	2.28	2.35	3.07	1.545
	45	3.52	3.54	0.57	
	90	2.72	2.81	3.3	
	135	3.89	3.85	1.02	
	180	2.20	2.21	0.45	
	225	2.71	2.74	1.1	
	270	1.73	1.75	1.16	
	315	2.37	2.41	1.69	
3	0/360	2.28	2.33	2.19	0.913
	45	3.52	3.53	0.28	
	90	2.72	2.79	2.57	
	135	3.89	3.87	0.05	
	180	2.20	2.21	0.45	
	225	2.71	2.73	0.74	
	270	1.73	1.75	1.16	
	315	2.37	2.38	0.42	
4	0/360	2.28	2.33	2.19	1.13
	45	3.52	3.54	0.57	
	90	2.72	2.81	3.31	
	135	3.89	3.85	1.03	
	180	2.20	2.21	0.45	
	225	2.71	2.73	0.74	
	270	1.73	1.75	1.16	
	315	2.37	2.41	1.69	
5	0/360	2.28	2.33	2.19	0.96
	45	3.52	3.52	0	
	90	2.72	2.79	2.57	
	135	3.89	3.86	0.77	
	180	2.20	2.21	0.45	
	225	2.71	2.76	1.85	
	270	1.73	1.74	0.58	
	315	2.37	2.39	0.85	
Total error rata-rata (%)					1.15

Berdasar tabel diatas, dapat dikatakan bahwa perbandingan antar sudut yang telah ditentukan memiliki error 1.15% . Pengukuran dapat dikatakan sangat stabil dan baik.

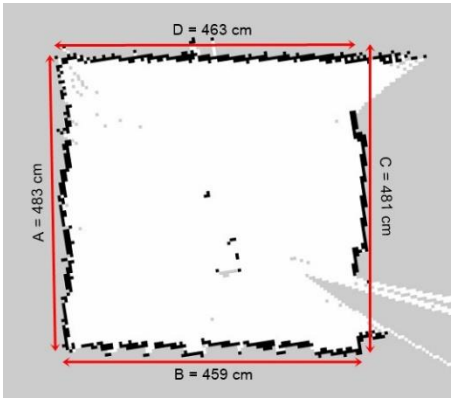
4.2 Pengujian Akurasi Mapping

Pengujian akurasi mapping dilakukan dengan mengambil 10 mapping location secara berurutan lalu menghitung luas pada RViz lalu membandingkan dengan luas ruangan yang sebenarnya untuk diketahui nilai error yang didapat. Pengujian ini menggunakan package yang telah ada sebelumnya yaitu hector_slam. Berikut data perbandingan yang didapat:

Tabel 2. Hasil pengujian akurasi *mapping*.

Percobaan ke	Luas aktual (m^2)	Luas pada RViz (m^2)	Error (%)
1	22.21	21.4	3.64
2	22.21	21.8	1.84
3	22.21	22.3	0.4
4	22.21	22.1	0.49
5	22.21	21.4	3.64
6	22.21	21.6	2.74
7	22.21	21.8	1.84
8	22.21	22.06	0.6
9	22.21	21.94	1.21
10	22.21	21.94	1.21
Error rata-rata (%)			1.69

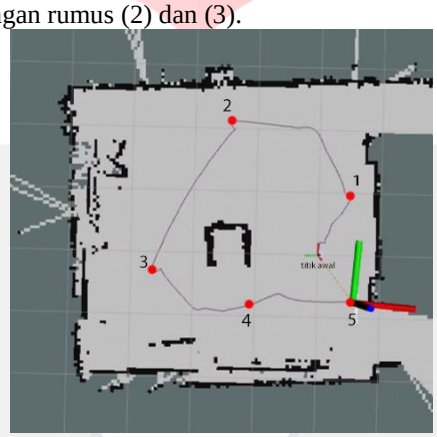
Berdasar tabel diatas, dapat dikatakan bahwa hasil *mapping* yang dilakukan dengan sistem dapat dikatakan akurat karena memiliki error 1.69% . Error yang terjadi pada pengujian ini sebagian besar disebabkan karena bentuk map yang tidak lurus sehingga pengambilan pengukuran pada RViz tidak akurat.



Gambar 4. Hasil pembacaan *mapping* serta ukuran ruangan secara aktual.

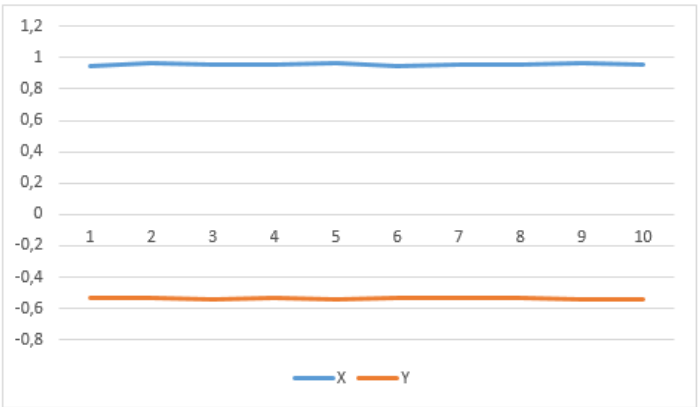
4.3 Pengujian Akurasi Lokalisasi

Pengujian akurasi koordinat dilakukan pada robot saat pengambilan mapping location untuk diketahui keakuratan perpindahan robot dari RViz dengan sebenarnya. Pada pengujian ini dilakukan 5 sampel perpindahan dan 10 pengujian dengan satu titik sebagai titik awal dengan koordinat (0,0). Untuk mendapatkan lokalisasi robot, digunakan TF yang merupakan titik tengah dari setiap bagian pada robot. Pembacaan TF tersebut dapat ditampilkan pada panel RViz hanya dengan mengklik add pada display. Pada AUMR memiliki 4 TF yang dapat diamati. Untuk koordinat robot menggunakan TF base_link yang mengacu pada titik tengah robot dengan parent map. Hal ini berarti base_link sebagai childnya akan mengukur jaraknya dengan parent yang menjadi titik awalnya dan melakukan perhitungan sesuai dengan rumus (2) dan (3).



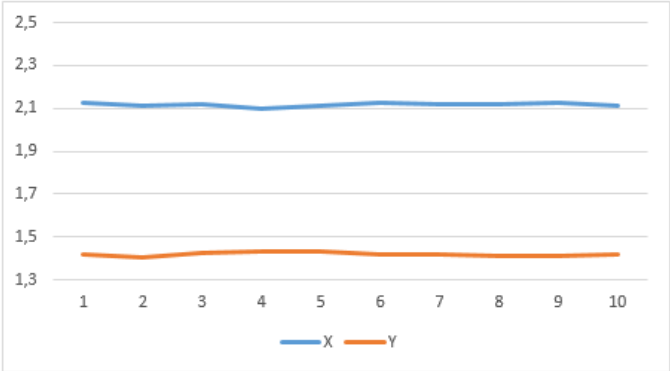
Gambar 5. Jalur perpindahan pengambilan data lokalisasi.

Berikut grafik dari perbandingan antara lokalisasi robot dengan jarak aktualnya pada setiap perpindahan dari hasil pengujian:



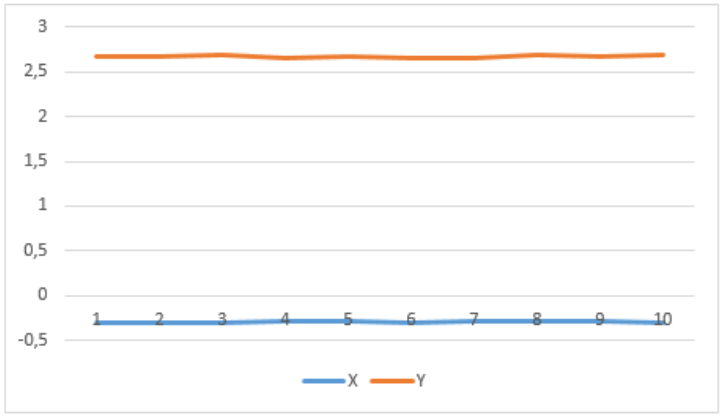
Gambar 6. Grafik pengujian akurasi lokalisasi robot perpindahan 1.

Berdasarkan tabel data lokalisasi yang digambarkan secara grafik pada Gambar 6, dengan lokalisasi aktual yaitu x = 0.95 dan y = -0.53, diketahui bahwa perbandingan lokalisasi robot pada perpindahan ke-1 memiliki total error rata-rata 0.819%.



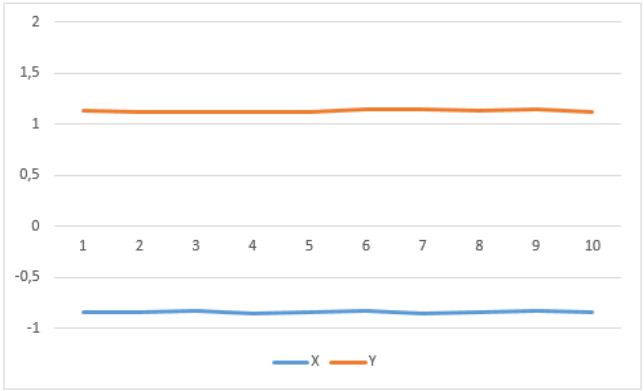
Gambar 7. Grafik pengujian akurasi lokalisasi robot perpindahan 2.

Berdasarkan tabel data lokalisasi yang digambarkan secara grafik pada Gambar 7, dengan lokalisasi aktual yaitu x = 2.12 dan y = 1.41, diketahui bahwa perbandingan lokalisasi robot pada perpindahan ke-1 memiliki total error rata-rata 0.5%.



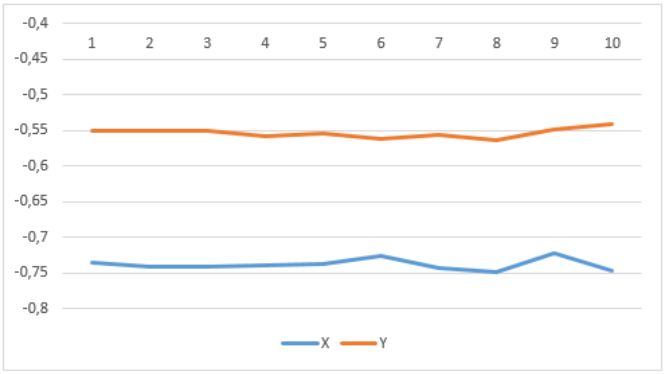
Gambar 8. Grafik pengujian akurasi lokalisasi robot perpindahan 3.

Berdasarkan tabel data lokalisasi yang digambarkan secara grafik pada Gambar 8, dengan lokalisasi aktual yaitu x = -0.29 dan y = 2.66, diketahui bahwa perbandingan lokalisasi robot pada perpindahan ke-1 memiliki total error rata-rata 1.22%.



Gambar 9. Grafik pengujian akurasi lokalisasi robot perpindahan 4.

Berdasarkan tabel data lokalisasi yang digambarkan secara grafik pada Gambar 9, dengan lokalisasi aktual yaitu x = -0.84 dan y = 1.13, diketahui bahwa perbandingan lokalisasi robot pada perpindahan ke-1 memiliki total error rata-rata 0.803%.



Gambar 10. Grafik pengujian akurasi lokalisasi robot perpindahan 5.

Berdasarkan tabel data lokalisasi yang digambarkan secara grafik pada Gambar 10 , dengan lokalisasi aktual yaitu x = -0.73 dan y = -0.55, diketahui bahwa perbandingan lokalisasi robot pada perpindahan ke-1 memiliki total error rata-rata 1.2%.

Dapat dilihat dari 5 sampel perpindahan dengan 10 pengujian, total error tidak lebih dari 1.5%. Hal ini membuktikan bahwa akurasi lokalisasi yang ditunjukkan pada RViz dan aktual sangat baik.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari pengujian dan analisis yang dilakukan didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil pengujian akurasi mapping dengan sensor LiDAR yang diambil pada 10 pengujian memiliki rata-rata error mencapai 1.69%. Sehingga dapat dikatakan bahwa penerapan sistem *mapping location* dengan menggunakan sensor LiDAR bekerja dengan baik pada AUMR.
- Dari kelima sampel perpindahan pada pengujian akurasi lokalisasi, dapat dikatakan sangat stabil dan baik karena memiliki error rata-rata tidak lebih dari 1.5%. Hal ini membuktikan bahwa sensor LiDAR mampu menampilkan koordinat lokalisasi AUMR dengan akurat.

Referensi

[1] "WHO Health Emergency Dashboard," 2020. [Online]. Available: https://covid19.who.int/region/searo/country/id. [Accessed: 21-Sep-2020].
[2] M. K. R. INDONESIA, "PEDOMAN PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN CORONAVIRUS DISEASE 2019 (COVID-19)," 2020.
[3] R. P. D. P. Indonesia, "Jurnal Respirologi Indonesia," no. Covid-19, pp. 120–126, 2020.
[4] T. AUMR, "UVC Mobile Robot untuk DESINFEKSI & Sterilisasi Ruang Isolasi Pasien Positif Covid 19." 2020.
[5] S. Prayoga, A. Budianto, and A. B. Kusuma Atmaja, "Sistem Pemetaan Ruangan 2D Menggunakan Lidar," *J. Integr.*, 2017.
[6] Linuxize, "How to Install Xrdp Server (Remote Desktop) on Ubuntu 18.04," 2020. [Online]. Available: https://linuxize.com/post/how-to-install-xrdp-on-ubuntu-18-04/. [Accessed: 03-Jul-2021].
[7] D. D. L. and R. B. Darnell, "Splicing Regulation in Neurologic Disease," 2006.
[8] M. C. Andi Dharmawan, S.Si., "IMPLEMENTASI METODE SLAM (SIMULTANEOUS LOCALIZATION AND MAPPING) PADA MOBILE ROBOT UNTUK MENGHINDARI HALANGAN," 2015. [Online]. Available: http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/85548. [Accessed: 05-Jul-2021].
[9] T. Bräunl, "Localization and Navigation," *Embed. Robot.*, pp. 241–269, 2008.
[10] J. F. Chow *et al.*, "Toward Underground Localization: Lidar Inertial Odometry Enabled Aerial Robot Navigation," 2019.
[11] MathWorks, "What is SLAM?" [Online]. Available: https://ww2.mathworks.cn/en/discovery/slam.html. [Accessed: 03-Jul-2021].
[12] Fds1, "Mengenal Sensor Lidar dan Cara Kerja untuk Pemetaan," 2018. [Online]. Available: https://www.fulldronesolutions.com/mengenal-sensor-lidar-dan-cara-kerja-untuk-pemetaan/. [Accessed: 15-Sep-2019].
[13] Wiki.ROS, "Setting up your robot using tf," 2021. [Online]. Available: http://wiki.ros.org/navigation/Tutorials/RobotSetup/TF. [Accessed: 05-Jul-2021].
[14] P. Dewaweb, "Berkenalan Dengan Ubuntu," 2018. [Online]. Available: https://www.dewaweb.com/blog/berkenalan-dengan-ubuntu/. [Accessed: 29-Sep-2020].
[15] T. T. Saputro, "Pengenalan Robot Operating System," 2016. [Online]. Available: https://embeddednesia.com/v1/pengenalan-robot-operating-system/. [Accessed: 29-Sep-2020].