

Implementasi Algoritma SLAM pada Prototipe Robot Pemotong Rumput Menggunakan Raspberry Pi

Istas Pratomo Manalu
Departemen Teknologi Komputer
Institut Teknologi Del
Laguboti, Indonesia
istas.manalu@del.ac.id

Putra Bakti Butarbutar
Departemen Teknologi Komputer
Institut Teknologi Del
Laguboti, Indonesia
putrabutarbutar58@gmail.com

Febriend B.R.C Sigalingging
Departemen Teknologi Komputer
Institut Teknologi Del
Laguboti, Indonesia
febriands11@gmail.com

Diterima : Juni 2021
Disetujui : November 2021
Dipublikasi : Januari 2022

Pemotongan rumput secara manual masih sering dilakukan oleh sebagian pemilik pekarangan atau ladang rumput yang luas sehingga menimbulkan kebosanan dan kelelahan. Kegiatan pemotongan rumput ini juga membutuhkan banyak waktu dan tenaga. Salah satu penemuan mesin pemotong rumput adalah mesin pemotong rumput gendong. Penemuan ini juga memiliki beberapa kelemahan seperti menimbulkan polusi udara dan suara yang sangat mengganggu masyarakat sekitar. Selain itu pemotongan manual ini juga merupakan pekerjaan yang monoton dan berbahaya. Robot pemotong rumput juga telah diperkenalkan dan tentunya memiliki biaya yang tinggi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini kami berhasil membuat prototipe mesin pemotong rumput yang lebih ekonomis dari segi biaya, energi, dan polusi dengan memanfaatkan Raspberry Pi 3 sebagai mikrokontroler. Prototipe dirancang dengan panjang 24,5 cm dan lebar 22 cm serta dilengkapi dengan pisau mekanik pada bagian depan yang memiliki arah putaran ke bawah. Prototipe ini juga dilengkapi dengan sensor Infrared yang dapat mendeteksi pembatas area untuk menghindari tabrakan. Area pengujian adalah 2x2 meter tanpa hambatan di dalamnya. Jalur pemotongan telah ditentukan menggunakan algoritma SLAM dimana robot memotong rumput dengan jalur berbentuk S. Kami menunjukkan bahwa robot berjalan sesuai dengan algoritma dan memotong rumput dengan sempurna.

Kata Kunci— Mikrokontroler; Raspberry Pi; SLAM; S-shaped; Lawn Mower.

Abstract— Manual grass cutting is still often done by some owners of large yards or fields which causes boredom and fatigue. This activity also requires a lot of time and effort. One of the inventions of the lawn mower is the carrying grass cutting machine. This invention also has several drawbacks such as causing air pollution and noise which is very disturbing to the surrounding community, monotonous and dangerous work. The lawn mower robot has also been introduced with various programs set in it and of course has a high cost. Therefore, in this research, we succeeded in making a prototype lawn mower that is more economical in terms of cost, energy, and pollution by utilizing the Raspberry Pi 3 as a microcontroller. The

prototype is designed with a length of 24.5 cm and a width of 22 cm and is equipped with a mechanical knife on the front which has a downward rotation direction. The prototype is also equipped with IR sensor that can detect area delimiters to avoid collisions. The test area is 2x2 meters without any obstacles in it. The mowing path has been determined using the SLAM algorithm wherein the robot cuts the grass in an S-shaped path. We show that the prototype robot runs according to the algorithm and cuts the grass perfectly. for further work it is necessary to apply a different algorithm that can detect any obstacles in the test area.

Keywords— Microcontroller; Raspberry Pi; SLAM; S-shaped; Lawn Mower.

I. PENDAHULUAN

Pemotongan rumput secara manual masih sering dilakukan oleh sebagian pemilik pekarangan atau ladang yang luas sehingga menimbulkan kebosanan dan kelelahan. Kegiatan ini juga membutuhkan banyak waktu dan tenaga. Salah satu penemuan mesin pemotong rumput adalah mesin pemotong rumput gendong. Penemuan ini juga memiliki beberapa kelemahan seperti menimbulkan polusi udara dan kebisingan yang sangat mengganggu masyarakat sekitar, pekerjaan yang monoton dan berbahaya. Memotong rumput juga perlu fokus pada setiap aspek seperti kemiringan halaman, rintangan. Terkadang terdapat batu yang apabila terkena akan menimbulkan bahaya terhadap orang ataupun mesin itu sendiri. Ini akan menyebabkan cedera kerja dan biaya tambahan penggantian material. Selain itu penentuan lintasan pemotongan juga perlu diperhatikan untuk menghindari bahaya kerja terhadap orang ataupun mesin.

Wang *et al.* [1] menerapkan algoritma SLAM dan cunuk mesin pemotong rumput. Mereka menggunakan NVIDIA JETSON TX1 sebagai mikrokontroler yang cenderung cukup mahal. Sebagai hasilnya, dengan menggunakan kedua algoritma tersebut, mesin dapat memotong dengan baik, namun masih perlu untuk mengganti

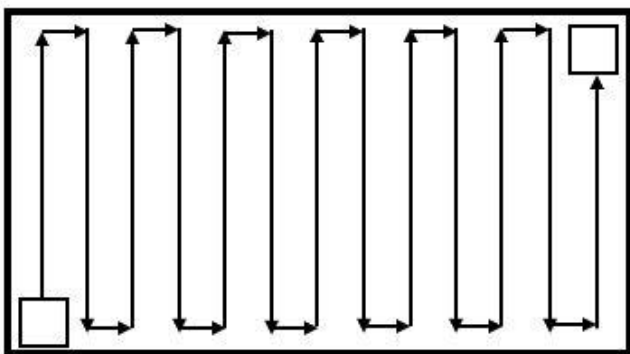
DFS dengan algoritma lainnya. Hal ini disebabkan DFS tidak selalu menghasilkan solusi yang paling optimal karena mengembalikan jalur sukses pertama yang ditemukannya tanpa memperhitungkan waktu atau langkah yang diperlukan untuk sampai ke titik tersebut [2]–[5].

Penelitian ini membuat prototipe robot dengan memanfaatkan Raspberry Pi sebagai mikrokontroler yang mampu mengatur semua kinerja pada robot seperti sensor dan aktuator. Dengan mengganti algoritma DFS dengan S-shaped dan algoritma SLAM [6], [7], diharapkan dapat mengatasi kelemahan dari segi waktu dan efisiensi penentuan rute. Robot akan mengikuti jalur S sesuai dengan algoritma yang diprogram [8]–[10]. Dengan demikian mesin akan mengikuti jalur dan memotong rumput dari titik awal hingga ke titik akhir.

II. METODE

A. Metode SLAM

Metode Simultaneous localization and Mapping (SLAM) adalah sebuah teknik yang digunakan untuk membangun sebuah peta pada lingkungan yang belum diketahui melalui bantuan sebuah alat yang berupa robot ataupun autonomous vehicle, atau juga mengupdate peta yang sudah diketahui dan pada waktu yang sama mengenali lokasi robot tersebut[11]. Simultaneous merupakan suatu hal yang terjadi/berjalan pada saat yang bersamaan, localization merupakan lokasi yang diberikan oleh peta, dan Mapping merupakan peta yang diberikan dari lokasi. Dalam buku “SLAM for Dummies” menyatakan SLAM bukanlah sebuah algoritma yang berdiri sendiri, melainkan sebuah metode yang didalamnya terdiri dari beberapa algoritma. Pada prinsipnya semua algoritma yang tergabung akan bekerja bersamaan pada kondisi tertentu[12][13]. Dalam metode ini terdapat beberapa algoritma diantaranya adalah Wall follow algorithm, ‘S’ Shape Pathway algorithm, Random walk algorithm, dan lain sebagainya. Metode SLAM ini sangat cocok dan mendukung untuk pembuatan prototype lawn mower yang akan di bangun.

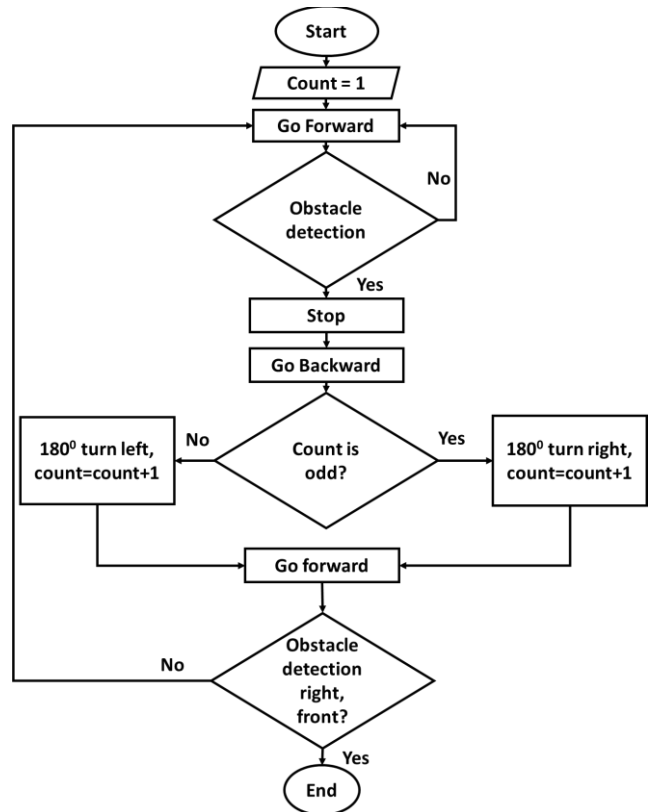


Gambar 1 'S' Shape pathway algorithm

Algoritma ‘S’ Shape pathway adalah algoritma yang memetakan lingkungan dengan membentuk huruf seperti ‘S’ [14][15] seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Kelebihan dari algoritma ini adalah memiliki jalur tercepat dan dapat mencakup seluruh area untuk melakukan pemotongan. Kekurangan dari algoritma ini adalah tidak dapat kembali ke titik awal.

B. Flowchart Sistem

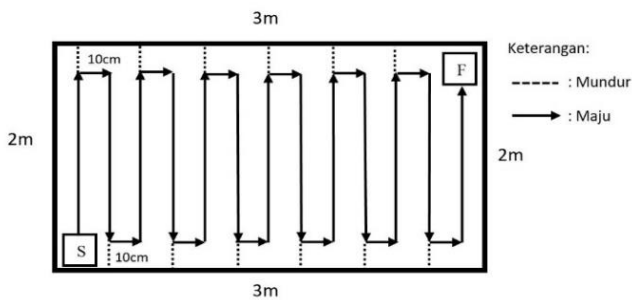
Berikut gambaran flowchart sistem dengan menggunakan algoritma ‘S’ Shape pathway.



Gambar 2 Flowchart arah gerak prototipe robot pemotong rumput

Berdasarkan Gambar 2, pertama robot ditempatkan dititik awal yaitu dibagian pojok kiri bawah dengan simbol huruf S yang artinya Start. Kemudian robot menyala dan algoritma akan memberikan hitungan 1 sebagai acuan path planning (Count=1). Robot maju kedepan dan ketika sensor yang terdapat pada robot mendeteksi adanya halangan didepan dengan batas jarak 10 cm, maka robot berhenti. Algoritma akan membaca hitungan jalur yang telah dilalui robot apabila hitungan ganjil, maka robot berbelok ke kanan, tetapi ketika hitungan genap robot akan berbelok ke kiri. Dikarenakan robot masih berjalan sekali maka hitungan adalah 1 dan dianggap sebagai ganjil maka robot akan berbelok ke kanan sebesar 180° yang artinya robot berbentuk bujur/mengitari area dan bergerak mengikuti putaran dari lebar robot agar area dapat dicakup dan menambahkan 1 hitungan algoritma. Robot maju dan karena proses sebelumnya hitungan telah ditambahkan 1 artinya rute robot dianggap sebagai genap, ketika sensor mendeteksi halangan di depan maka robot akan berbelok ke kiri. Setelah robot berbelok maka robot akan scan apabila ada halangan didepan dan sebelah kanan kemudian hitungan lebih dari 3 maka robot akan berhenti Dikarenakan hitungan tidak lebih dari 3 dan halangan bagian depan dan kanan tidak ada maka robot akan melanjutkan perjalanannya. Robot akan berhenti apabila sensor sebelah kanan dan depan terdeteksi halangan dengan jarak 10cm dan hitungan algoritma berjumlah lebih dari 3 maka robot akan berhenti berjalan.

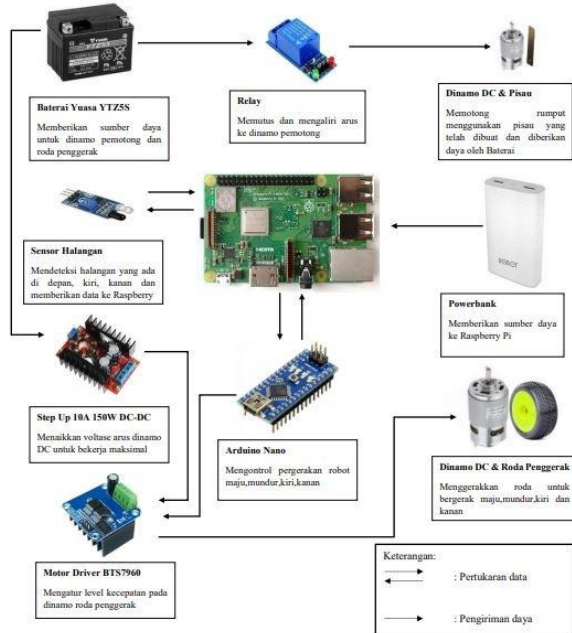
Berikut merupakan alur dari jalannya robot berdasarkan flowchart Gambar 2 dengan algoritma S Shape Pathway dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Jalur Robot dari Flowchart

C. Perancangan Sistem Perangkat Keras

Pada Gambar 4 berikut ini, merupakan perancangan alur sistem yang akan dibangun. Raspberry sebagai pengendali inti semua komponen yang akan menjalankan robot untuk memotong rumput. Sensor halangan yang dipakai adalah sensor IR, dimana pemilihan sensor ini dasari dengan tingkat sensitivitas yang tinggi karena menggunakan gelombang cahaya sebagai media komunikasi antara *transceiver* dan *receiver*, jika dibandingkan dengan ultrasonic transducer yang menggunakan gelombang suara, maka pastinya sensor IR akan lebih cepat memberikan respon terhadap *obstacle*. Selain hal tersebut, pada prototipe ini menggunakan sensor IR, karena sistem hanya di desain untuk melihat keberadaan *obstacle*. Sensor IR mengirim gelombang suara ke halangan di depan dan ketika dipantulkan robot akan mengirim data ke Raspberry Pi untuk membuat robot berhenti bergerak.



Gambar 4 Gambar Perancangan Sistem Perangkat Keras

Relay digunakan untuk mengalirkan atau memutus arus ke dinamo untuk hidup atau mati. Sebagai pemberi daya kepada raspberry Pi, kami menggunakan power bank Li-ion berkapasitas 10.000 mA.H. Hal ini diharapkan agar suplay arus terhadap power bank stabil pada 5 V. Sementara itu, Arduino Nano digunakan khusus untuk pengontrol roda penggerak untuk maju, mundur, kanan dan kiri [16]. Motor

Driver BTS7960 (*Dual BTS7960 H Bridge Configuration*) berfungsi sebagai pengontrol PWM (*Pulse Width Modulation*) atau kecepatan dinamo DC dan menggerakkan perputaran dinamo secara searah jarum jam (*Clockwise*) atau berlawanan arah jarum jam (*Counterclockwise*). Baterai Yuasa YTZ5S dengan kapasitas 12 V/4,5 A (113mm x 70mm x 86mm) berfungsi sebagai pemberi daya utama ke Dinamo DC pemotong dan Dinamo DC roda penggerak (DC 12V 10000 RPM). *Step Up* 10A 150W DC-DC berfungsi untuk menaikkan arus voltase ke Dinamo DC penggerak agar dapat bekerja maksimal.

D. Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah data, menyimpan data, dan melakukan pemrosesan dalam penelitian ini yaitu:

- Raspbian adalah OS dari distribusi Debian. Raspbian dirancang khusus untuk sistem operasi pada perangkat Raspberry Pi.
- Sublime adalah sebuah editor pemrograman
- *Programming language Python* digunakan untuk membangun sistem prototype khususnya program pada raspberry Pi.
- Autocad digunakan untuk menggambar desain 2 dimensi dan 3 dimensi
- *Google SketchUp* dan *Adobe Illustrator* digunakan untuk mendesign *prototype*

E. Komunikasi Serial antara Raspberry Pi dengan Arduino

Pengontrol roda penggerak pada robot adalah mikrokontroler berupa Arduino nano. Keputusan untuk melakukan pergerakan akan diberikan oleh mikrokontroler utama yaitu raspberry pi. Sehingga diperlukan komunikasi serial (UART) Raspberry Pi dan Arduino. Dalam prototipe ini, kami menggunakan komunikasi USB serial. Dengan demikian pengkabelan di dalam prototipe ini lebih rapi dan sederhana. Setelah melakukan instalasi komunikasi serial, selanjutnya mengimport *library serial* pada code Raspberry Pi, kemudian memasukkan port serial yang telah kita tentukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

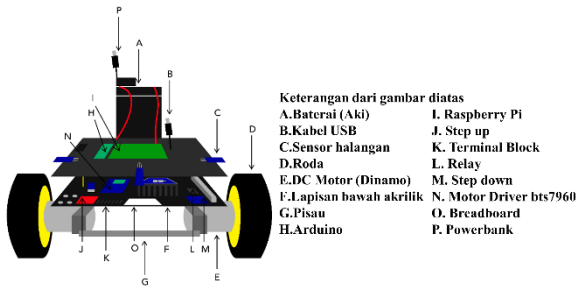
A. Desain Prototipe Robot Lawn Mower

Perancangan mekanik robot dilakukan untuk mendukung kemampuan robot dalam bergerak pada area yang ditentukan. Spesifikasi dari *Lawn Mower* dengan menggunakan Raspberry Pi dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Spesifikasi perangkat yang digunakan

Spesifikasi	Keterangan
Panjang robot	34.7cm
Lebar robot	37cm
Tinggi robot	15.5cm
Diameter ban depan	70mm
Diameter ban belakang	115mm
Panjang pisau	9.5cm
Lebar pisau	2cm
Akrilik robot (lapisan atas)	24.5cm x 22cm
Pipa pisau	23.5cm x 5cm
Plat besi penahan pipa pisau	29.5cm x 6.5cm x 7.7cm
Akrilik penahan (lapisan bawah)	29cm x 10.4cm
Bobot mesin	±3,5 Kg
Bobot total	±4,5 Kg

Desain robot dengan keterangan perangkat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.



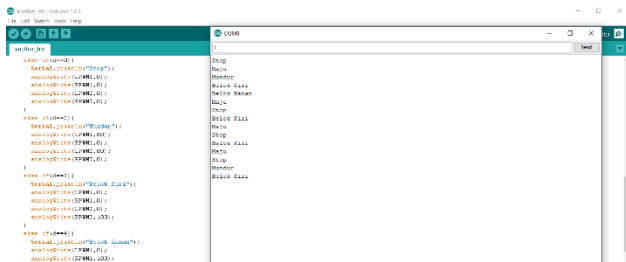
Gambar 5 Desain prototipe robot pemotong rumput

B. Pengujian arah gerak robot

Pengujian pada pergerakan robot dapat dilihat pada Gambar 6. Pada gambar tersebut terdapat perintah yang akan dilakukan oleh robot, yaitu:

1. Maju yang artinya robot akan bergerak maju
2. Mundur yang artinya robot akan bergerak mundur
3. Stop yang artinya robot akan berhenti bergerak
4. Belok kiri yang artinya robot akan berbelok ke kiri
5. Belok kanan yang artinya robot akan berbelok ke kanan

Maka dari perintah diatas robot dapat melakukan arah pergerakannya dengan maju, mundur, stop, belok kanan, dan belok kiri



Gambar 6 Pengujian arah pergerakan prototipe robot Pemotong rumput

Hasil pengujian prototype robot dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 hasil pengujian prototype robot

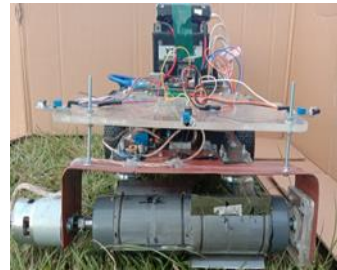
No	Nama Pengujian	Hasil Pengujian
1	Maju	Berhasil
2	Mundur	Berhasil
3	Belok Kanan	Berhasil
4	Belok Kiri	Berhasil
5	Sensor Halangan	Berhasil
6	Stop	Berhasil
7	Pisau On	Berhasil
8	Pisau Off	Berhasil
9	Mode Otomatis	Berhasil

C. Pengujian Pemotong Rumput

Pada pengujian ini dilihat apakah pisau sudah dapat digunakan untuk memotong rumput. Pada Gambar 7 (a) dimana pisau dari robot belum dinyalakan sehingga belum melakukan pemotongan rumput. Pada Gambar 7 (b) pisau pada *prototype* robot dinyalakan untuk memotong rumput, dari hal tersebut bahwa pisau sudah dapat melakukan pemotongan rumput.



(a)



(b)

Gambar 7 (a) Sebelum melakukan pemotongan, (b) Setelah melakukan pemotongan rumput

IV. KESIMPULAN

Setelah perancangan sistem dan pembuatan *Prototype of an Automatic Lawn Mower using Raspberry Pi*, selanjutnya dilakukan pengimplementasian *Prototype of an Automatic Lawn Mower using Raspberry Pi*, diperoleh bahwa Robot mampu berjalan dengan menggunakan fungsi *S Shape algorithm* yaitu melakukan rute yang membentuk sesuai huruf 'S'. Untuk penelitian berikutnya, sangat disarankan untuk mencoba jalur yang berbeda untuk menyesuaikan kepada lingkungan yang sebenarnya.

REFERENSI

- [1] K. S. Wang and C. K. Huang, "Intelligent Robotic Lawn Mower Design," in *2018 International Conference on System Science and Engineering, ICSSE 2018*, 2018.
- [2] S. El-Ghoul, A. S. Hussein, M. S. A. Wahab, U. Witkowski, and U. Ruckert, "A Modified Multiple Depth First Search Algorithm for Grid Mapping Using Mini-Robots Khepera," *J. Comput. Sci. Eng.*, vol. 2, no. 4, pp. 321–338, Dec. 2008.
- [3] "(PDF) Search Methods in Motion Planning for Mobile Robots." [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/350514506_Search_Methods_in_Motion_Planning_for_Mobile_Robots. [Accessed: 16-Jun-2021].
- [4] TARJAN R, "Depth- first search and linear graph algorithms," 1971, pp. 114–121.
- [5] S. J. Russell, P. Norvig, J. F. Canny, J. M. Malik, and D. D. Edwards, "Artificial Intelligence A Modern Approach," 1995.
- [6] Y. Misono, Y. Goto, Y. Tarutoko, K. Kobayashi, and K. Watanabe, "Development of laser rangefinder-based SLAM algorithm for mobile robot navigation," in *Proceedings of the SICE Annual Conference*, 2007, pp. 392–396.
- [7] L. D'Alfonso, A. Griffio, P. Muraca, and P. Pugliese, "A SLAM algorithm for indoor mobile robot localization using an Extended Kalman filter and a segment based environment mapping," in *2013 16th International Conference on Advanced Robotics, ICAR 2013*, 2013.
- [8] S. Singh, V. K. Shetkar, F. Siddiqui, and D. Soman, "A novel hybrid navigation algorithm for autonomous robotic vacuum cleaners," in *2017 6th International Conference on Computer Applications in Electrical Engineering - Recent Advances, CERA 2017*, 2018, vol. 2018-January, pp. 491–496.
- [9] K. M. Hasan, Abdullah-Al-Nahid, and K. J. Reza, "Path planning

- algorithm development for autonomous vacuum cleaner robots,” in *2014 International Conference on Informatics, Electronics and Vision, ICIEV 2014*, 2014.
- [10] Q. Chen, C. Zhang, H. Ni, X. Liang, H. Wang, and T. Hu, “Trajectory planning method of robot sorting system based on S-shaped acceleration/deceleration algorithm,” *Int. J. Adv. Robot. Syst.*, vol. 15, no. 6, Nov. 2018.
- [11] “Pengenalan SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) pada LIDAR | BINUS UNIVERSITY MALANG | Pilihan Universitas Terbaik di Malang.” [Online]. Available: <https://binus.ac.id/malang/2019/01/pengenalan-slam-simultaneous-localization-and-mapping-pada-lidar/>. [Accessed: 15-Jun-2021].
- [12] R. Mur-Artal, J. M. M. Montiel, and J. D. Tardos, “ORB-SLAM: A Versatile and Accurate Monocular SLAM System,” *IEEE Trans. Robot.*, vol. 31, no. 5, pp. 1147–1163, Oct. 2015.
- [13] T. Whelan, S. Leutenegger, R. F. Salas-Moreno, B. Glocker, and A. J. Davison, “ElasticFusion: Dense SLAM without a pose graph,” in *Robotics: Science and Systems*, 2015, vol. 11.
- [14] C. H. Chen and K. T. Song, “Complete coverage motion control of a cleaning robot using infrared sensors,” in *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Mechatronics, ICM '05*, 2005, vol. 2005, pp. 543–548.
- [15] T. Taketomi, H. Uchiyama, and S. Ikeda, “Visual SLAM algorithms: A survey from 2010 to 2016,” *IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications*, vol. 9. Springer, 2017.
- [16] M. Lamatenggo, P. T. Elektro, I. Wiranto, and W. Ridwan, “Perancangan Balancing Robot Beroda Dua Dengan Metode Pengendali PID Berbasis Arduino Nano,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 39–43, Jul. 2020.