

Navigasi Robot Mobile Pada Lingkungan Tak Pasti Dengan Pendekatan *Behavior Based Control*

Iloni Usuman^{*1}, Widodo Prijodiprodjo², Prima Asmara Sejati³

^{1,2} Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

³Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi UGM, Yogyakarta, Indonesia

e-mail: *iloni@ugm.ac.id, ² widodopri@gmail.com, ³ prima.asmara.s@ugm.ac.id

Abstrak

Robot selama ini telah banyak dimanfaatkan untuk menjangkau lingkungan atau medan yang sulit seperti daerah bencana, hutan belantara dan reruntuhan bangunan. Namun untuk menjangkau daerah-daerah tersebut banyak terkendala pada keterbatasan navigasi robot karena dinamisnya medan yang dihadapi. Oleh karena itu, diperlukan algoritma *behaviour based control* yang dapat membuat robot beradaptasi secara fleksibel terhadap lingkungannya.

Pada skema *behavior based control* ini robot bergerak berdasarkan tugasnya. Masing-masing tugas didefinisikan sebagai *behavior robot*. Setiap *behavior* mengambil input dari sensor dan mengirim output ke efektor. Pada setiap *behavior* terdapat sensor sebagai input bagi robot yang bekerja sesuai dengan tahapan-tahapan dalam navigasi untuk mengatasi rintangan yang tak pasti. Hasil penelitian menunjukkan robot dapat melakukan penjelajahan, menghindari rintangan dan dapat mencapai tujuan akhir.

Kata kunci—Robot mobile, Behavior based control, Lingkungan tak pasti, Navigasi robot

Abstract

Robots have been widely used to reach difficult environments or terrain such as disaster areas, wilderness and ruins of buildings. However, to reach these areas, there are many constraints on the limitations of robotic navigation because of the dynamic terrain. Therefore, a behavioral based control algorithm is needed that can make robots adapt flexibly to their environment.

On the scheme of this *behavior based control* the robot moves based on its tasks. Each task is defined as robotic behavior. Each behavior take input from the sensor and send output to the effector. At each behavior there is a sensor as input for robot that work according to the stages in navigation to overcome uncertain obstacles. The results of the study show that robot can explore, avoid obstacles and reach the final destination.

Keywords—Robot mobile, Behavior based control, Uncertainty environment, Robot Navigation.

1. PENDAHULUAN

Semakin hari seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi yang semakin canggih, robot bukan lagi merupakan hal yang baru. Saat ini robot banyak dijumpai dalam setiap aspek kehidupan manusia, salah satunya adalah robot mobile. Robot ini dapat bergerak bebas sehingga banyak dimanfaatkan untuk memindahkan barang. Namun kelemahan robot mobile ini terletak pada navigasi ketika menghadapi medan yang sulit dan tak pasti. Gerakan robot yang kompleks seperti mengamati lingkungannya, menafsirkan informasi dari sensor untuk memperbaiki pengetahuan tentang posisi robot, struktur lingkungan, perencanaan rute dari posisi awal ke posisi tujuan, menghindari rintangan serta mengendalikan kecepatan sudut dan kecepatan linier robot untuk mencapai target membutuhkan metode navigasi yang dapat menangani permasalahan dan menyelesaikan misi yang diberikan.

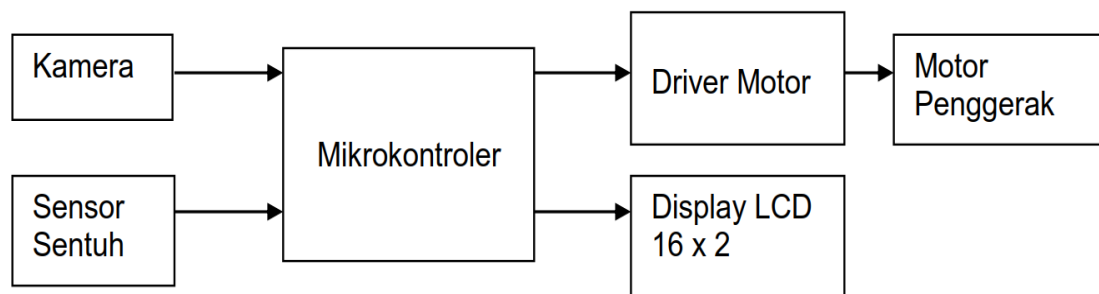
Selama ini penelitian masih terbatas pada navigasi robot mobile dengan metode tertentu seperti pemanfaatan logika fuzzy pada algoritma navigasi [1], navigasi untuk pemetaan jalan yang dilalui robot [2], adaptasi robot untuk menentukan rute pada peta yang diberikan peta lingkungan [3], algoritma sampling cepat pada sistem navigasi robot mobile pada medan yang tak pasti [4]. Fungsi robot mobile autonomous dapat bergerak bebas mencapai tujuan dengan mengatasi rintangan menggunakan algoritma heuristic [5] dan menghindari tabrakan menggunakan beberapa tipe algoritma logika fuzzy [6]. Sistem navigasi robot yang aman pada lingkungan yang tidak dikenal dapat diterapkan dengan logika fuzzy walaupun belum sepenuhnya dapat mengatasi rintangan yang ada [7][8]. Sedangkan kemampuan robot mobile beradaptasi terhadap medan yang diberikan merupakan salah satu hal menarik untuk diteliti.

Pada penelitian ini dibahas sistem navigasi robot yang dapat membuat kerangka kerja baru berdasarkan fitur gerakan robot yang bergerak menuju ke posisi tertentu, misi tertentu dapat mengatasi berbagai jenis rintangan dan secara otomatis mendeteksi sendiri lingkungannya tanpa bantuan manusia [9]. Salah satu metode navigasi yang dapat diterapkan adalah dengan *behavior based contro (BBC)*. Pada metode ini digambarkan secara hierarki pelaksanaan tugas robot secara kompleks, berurutan dan terstruktur dalam kerangka kerja berbasis perilaku [10].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Perancangan Sistem

Perancangan perangkat keras sistem ini terdiri dari beberapa bagian, yakni mekanik, sistem minimum mikrokontroler AVR ATMEGA32, kamera, sensor sentuh, penampil LCD, tombol menu dan baterai sebagai power supply untuk keseluruhan sistem. Robot ini merupakan sebuah prototipe robot yang ukurannya masih relatif kecil dan hanya terbatas dapat melakukan fungsi navigasi yaitu penjelajahan robot sampai mencapai tujuan. Secara umum robot ini memiliki blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 1.

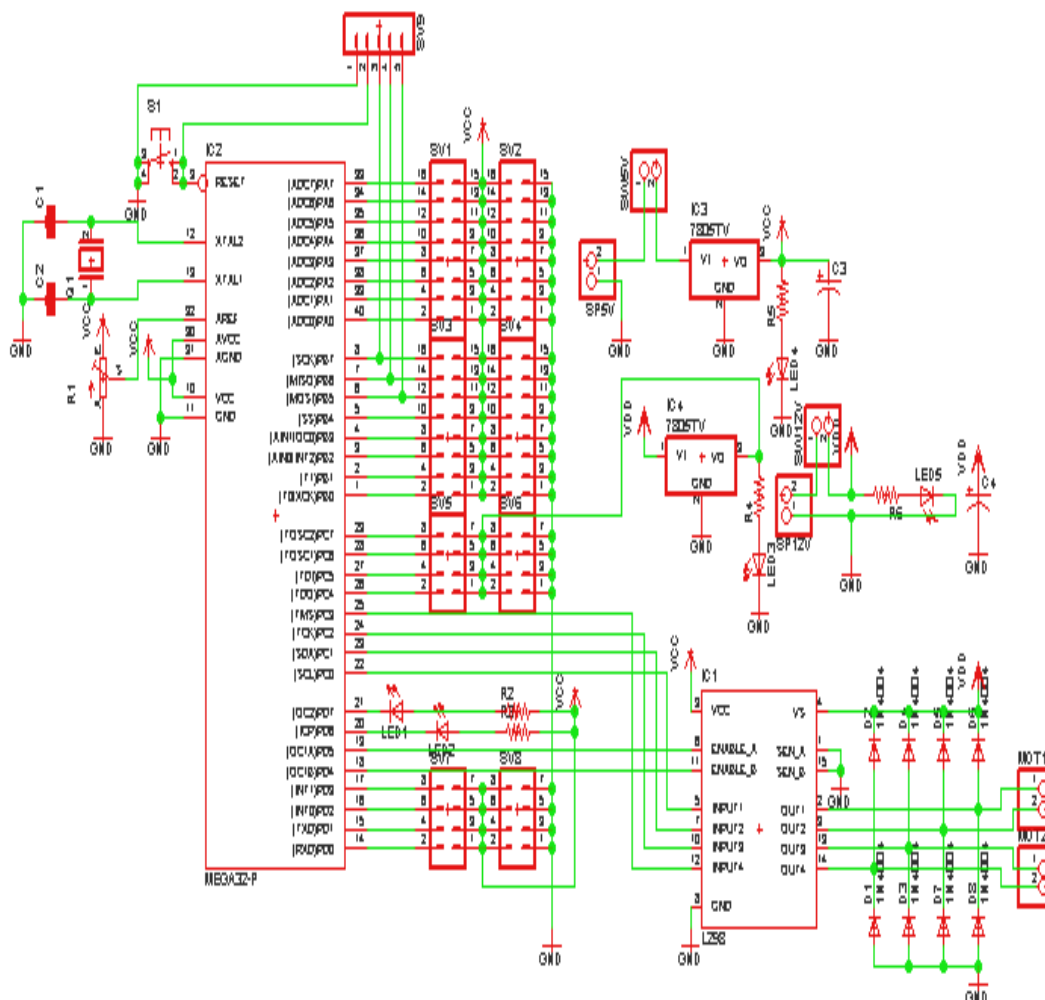


Gambar 1. Diagram Blok Sistem Robot mobile berbasis algoritma BBC

Berdasarkan diagram blok Gambar 1. dapat dilihat hal-hal yang menjadi masukan dan keluaran pada sistem. Mikrokontroler AVR ATMEGA32 sebagai sistem kendali untuk semua device baik untuk keluaran maupun masukan yang ada pada sistem, kamera dan sensor sentuh sebagai masukan, untuk keluaran terdapat LCD yang berfungsi sebagai display pada sistem, servo motor sebagai penggerak utama untuk robot mobile, rangkaian driver motor yang berfungsi untuk mengatur putaran motor, tombol menu berfungsi untuk pengaturan pada sistem robot secara keseluruhan.

2.2. Rangkaian Skematik Robot Mobile

Robot ini hanya menggunakan satu buah *chip* pengontrol yaitu mikrokontroler ATMEGA32. Mikrokontroler ATMEGA32 merupakan chip IC terdiri dari 40 pin. Mikrokontroler ini memiliki 32 pin I/O dan digunakan sebagai jalur masukan dan keluaran semua sistem elektronika pada robot ini. Mikrokontroler ini memiliki kapasitas memori *flash* yang cukup untuk menampung semua program untuk system ini yaitu 32kbyte. Keunggulan dari mikrokontroler ini yaitu memiliki fasilitas ADC (*Analog to Digital Converter*) sebagai masukan sinyal. Gambar rangkaian elektronika sistem minimum ditunjukkan pada Gambar 2.

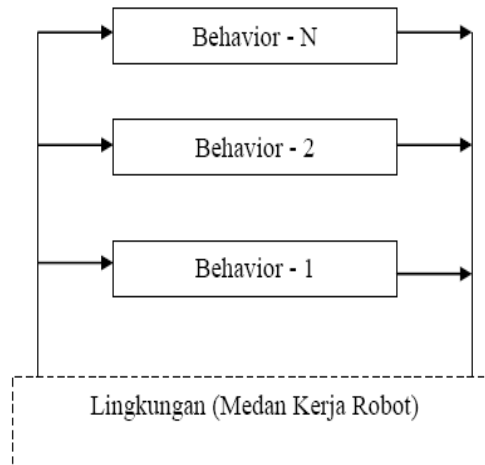


Gambar 2. Rangkaian Skematik Robot Mobile

2.3. Behaviour Based Control

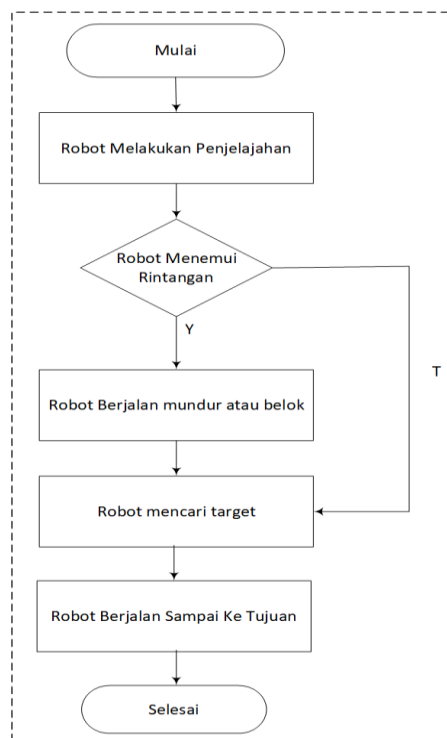
Behavior based control merupakan suatu metode control yang bekerja berdasarkan state demi state. Dalam *behavior based control*, perubahan suatu state terjadi berdasarkan

informasi data umpan balik dari sensor-sensor. Robot, di awal didefinisikan pada suatu keadaan (*initial state*). Selanjutnya, jika ditemukan halangan, robot merubah state belok sejauh putaran yang telah ditentukan. Prinsip kerja algoritma *behavior based control* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur Subsumption Dalam Behavior Based Control

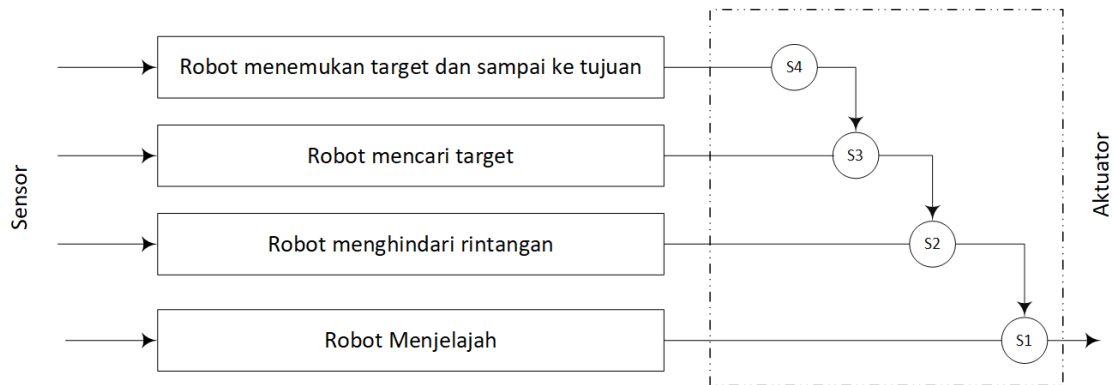
Behavior merupakan tingkah laku robot yang alami, dimana (Gambar 3) masing-masing behavior dapat melakukan navigasi untuk mencapai tujuan. Pada bagian dasar dari Gambar 3 terdapat lingkungan atau medan kerja robot yang menentukan awal lingkungan kerja robot. Penentuan lingkungan ini diantaranya bisa dalam lingkungan kerja robot arm atau lingkungan kerja robot mobile. *Behavior* pada robot mobile ini terdiri atas penjelajahan, menemukan rintangan, gerak mundur atau berbelok, mencari target dan terakhir robot mencapai tujuan. Setiap behavior bergantung pada sensor yang ditanamkan pada robot. Adapun pada robot mobile ini-menggunakan- sensor kamera dan sensor sentuh.



Gambar 4. Diagram alir urutan navigasi robot

Gambar 4 memperlihatkan diagram alir urutan navigasi robot yang dimulai pada saat robot melakukan penjelajahan, robot menemui rintangan, ketika robot menemui rintangan yang tinggi maka robot akan berjalan mundur atau berbelok sedangkan jika robot tidak menemui rintangan maka robot akan langsung melakukan pencarian target, selanjutnya robot berjalan sampai ke tujuan. Diagram alir ini menunjukkan alur behavior robot seperti yang ditunjukkan pada masing-masing subsumption robot yang terdapat pada Gambar 5.

Arsitektur subsumption merupakan suatu metode pengurangan arsitektur kontrol robot menjadi suatu bentuk behavior yang direpresentasikan kedalam lapisan-lapisan terpisah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Penentuan lokasi pada robot mobile autonomous sistem didasarkan pada posisi saat ini dan orientasi robot serta integrasi terhadap rute perjalanan.



Gambar 5. Arsitektur Subsumption Pada Robot Mobile

Gambar 5 menunjukkan robot mobile ini terdiri atas 4 lapisan behavior yang mewakili masing-masing perilaku robot. Semua lapisan mempunyai akses langsung terhadap informasi sensor. Lapisan diatur secara hirarki yang memungkinkan lapisan yang lebih tinggi menghambat atau menekan sinyal dari lapisan yang lebih rendah. Pada subsumption pertama yaitu S1 dimulai dengan robot melakukan penjelajahan, selanjutnya pada subsumption kedua pada saat robot melakukan penjelajahan dan menabrak rintangan (S2). Selanjutnya informasi dari sensor mengirimkan perintah kepada robot untuk berbelok atau mundur, selanjutnya robot mencari target, yang artinya masuk ke subsumption ketiga (S3). Ketika robot menemukan target selanjutnya robot akan melanjutkan perjalanan sampai ke subsumption yang keempat (S4). Perjalanan robot ini mengikuti *path planning* berupa perencanaan terhadap jalan yang akan dilalui oleh robot. Jalan yang dilalui oleh robot dipilih berdasarkan jalan terpendek dari titik start sampai ke tujuan.

2.4 Perangkat Lunak Sistem

Perangkat lunak sistem yang ditampilkan disini yaitu perangkat lunak deteksi sensor sentuh dan perangkat lunak gerakan servo seperti yang terdapat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

```

Upperline : Lcd "< CAM -- BOT >"
Wait 1
Cls

Do
  Locate 1 , 1
  If Tactile_l = 0 Then Lcd "kiri "
  If Tactile_r = 0 Then Lcd "kanan"
Loop

```

Gambar 6. Kode Program Deteksi Sensor Sentuh.

```

Upperline : Lcd "< CAM -- BOT >"
Wait 1
Cls

Enable Interrupts

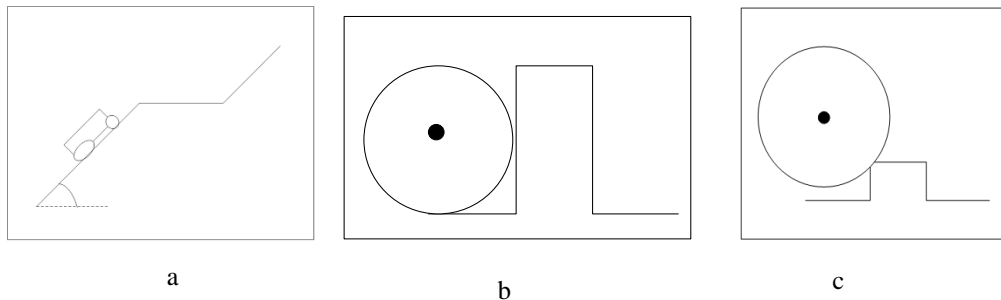
Do
  Servo(1) = 45
  'full kiri
  Waitms 1500
  Servo(1) = 97
  'tengah
  Waitms 1500
  Servo(1) = 152
  'full kanan
  Waitms 1500
Loop

```

Gambar 7. Kode Program Gerakan Servo.

2.5 Pengujian Robot Mobile

Pertama kali robot melakukan penjelajahan. Kecepatan robot ini dapat diatur, tergantung dari kecepatan perputaran servo berpindah dari posisi sekarang menuju posisi tujuan yang ditentukan oleh nilai waktu tunda (1500 ms). Robot menggunakan sensor sentuh dan kamera untuk sistem navigasinya. Namun pembahasan terkait sensor hanya dititik beratkan pada penggunaan sensor sentuh (*tactile sensor*) untuk mendeteksi keberadaan objek penghalang dalam jarak dekat. Pada saat sensor mendeteksi rintangan maka robot bergerak mundur atau berbelok ke arah lain. Jenis-jenis rintangan yang terdapat pada jalur navigasi robot dilingkungan tak pasti tunjukkan dengan ilustrasi pada Gambar 8.



Gambar 8. Ilustrasi gambar robot mobile pada lingkungan tak pasti a) Robot pada tanjakan; b) Robot pada saat bertemu halangan tinggi; c) Robot pada saat bertemu halangan rendah

Gambar 8 menunjukkan ilustrasi rintangan berupa tanjakan, halangan tinggi dan halangan pendek. Pada halangan tinggi robot mobile tidak bisa melewatinya dan pada halangan rendah robot akan melewatinya walaupun pada saat robot bergerak akan terdapat gangguan yang muncul pada robot. Demikian pula ketika robot melalui tanjakan maka robot mengalami gangguan yang sama seperti pada saat melewati rintangan.

Percobaan selanjutnya menguji jalan robot setelah proses penjelajahan. Saat robot melakukan penjelajahan untuk navigasi ke arah tujuan jika robot bertemu halangan maka sensor mendeteksi halangan dan memberikan informasi tersebut kepada sistem untuk dilakukan tindakan.

Adanya rintangan tersebut membuat robot terus bergerak ke arah tujuan walaupun gangguan itu terjadi pada saat robot berjalan. Jika sensor kamera atau sensor sentuh jenis rintangan merupakan halangan tinggi maka robot melakukan manuver dengan cara mundur atau berbelok mencari rute yang lebih aman. Robot berbelok dalam rangka menghindari halangan bukan menjauhi target tetapi dalam rangka melanjutkan perjalanan untuk mencari target. Setelah target ditemukan maka robot bergerak mencapai finish. Penjelajahan yang telah dilakukan pada robot ini masih dalam jarak dekat yaitu 10 meter dari posisi awal robot sampai mencapai tujuan.

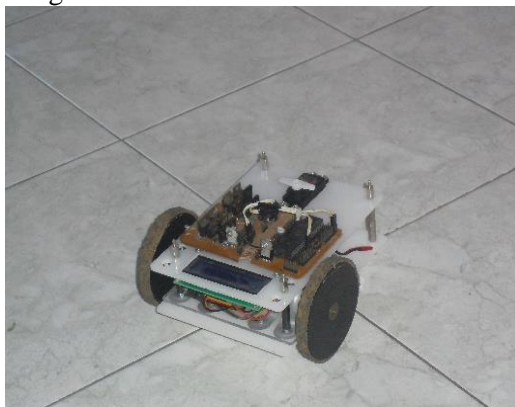
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini lebih menekankan pada implementasi robot mobile pada lingkungan yang terdapat rintangan. Gambar 9 ditunjukkan purwarupa robot yang dibuat lebih sederhana baik dari sisi sensor, actuator. Disamping itu uji coba yang dilakukan masih dalam lingkup ruang terbatas. Demikian pula pengujian metode *behavior based control* masih dalam bentuk yang sederhana.

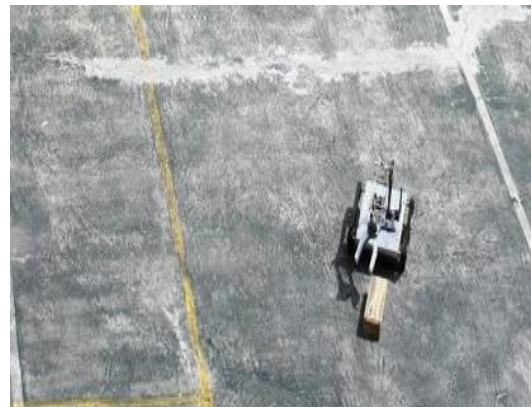


Gambar 9. Implementasi *Robot Mobile*

Gambar 10.a diperlihatkan uji coba robot dalam ruangan dengan halangan berupa dinding dan berjarak dekat. Sedangkan Gambar 10.b robot diluar ruangan dengan jarak yang lebih jauh. Robot berhasil melewati rintangan yang ada berupa tanjakan-tanjakan kecil dan rintangan rendah.



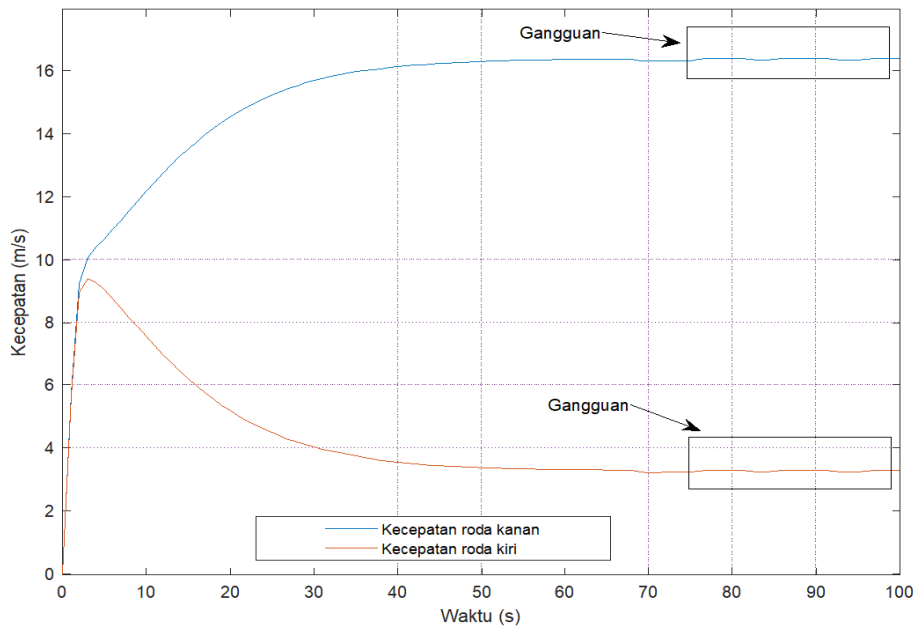
a



b

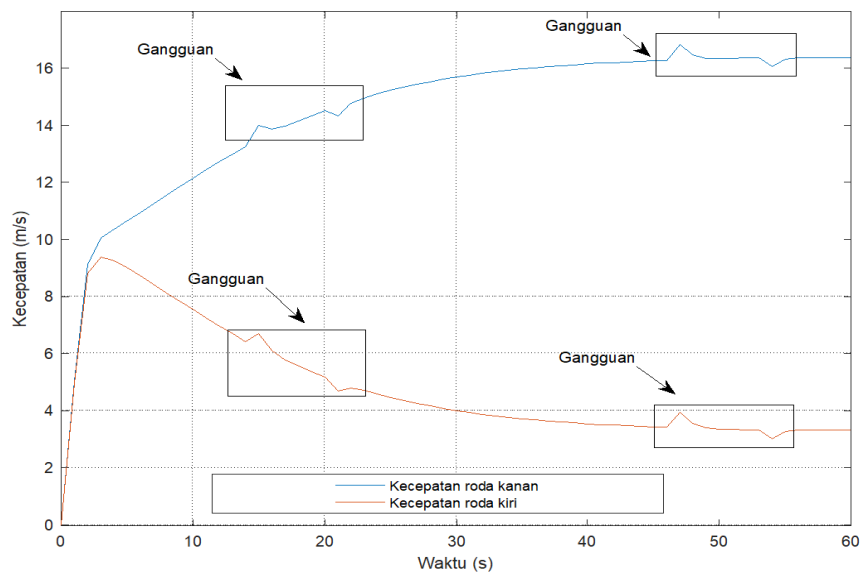
Gambar 10. a. Robot di dalam ruangan. b. Robot di luar ruangan

Grafik pada Gambar 11 menunjukkan pada saat robot melakukan penjelajahan dan robot melalui tanjakan. Terlihat kecepatan putar di kedua roda robot bagian kiri dan kanan mengalami gangguan sehingga gerakan robot tidak berjalan mulus.



Gambar 11. Simulasi robot saat melalui tanjakan

Gambar 12 diperlihatkan hasil simulasi yang menunjukkan pada saat roda kiri dan kanan robot menemui halangan rendah maka grafik menunjukkan terjadi gangguan pada kecepatan di kedua roda kiri dan kanan robot. Namun grafik yang diuji coba di atas masih terbatas pada saat kedua roda mengalami halangan yang sama sedangkan pada kenyataannya halangan bisa hanya terjadi pada roda kiri atau bisa hanya terjadi pada roda kanan. Untuk halangan yang tinggi robot secara otomatis mundur atau berbelok dengan sendirinya pada saat sensor mendeteksi halangan yang cukup tinggi.



Gambar 12. Simulasi robot saat menemui halangan rendah

Penerapan *behavior based control* pada robot ini adalah sebatas melakukan navigasi pada lingkungan tak pasti atau lingkungan tak beraturan. Disini behavior robot mobile melakukan penjelajahan sekaligus pemetaan, selanjutnya pada saat menemui halangan robot akan berjalan mundur dan berbelok ke kiri atau ke kanan. Kemudian robot akan menyelesaikan tugasnya. Robot melakukan pemetaan dan penjelajahan berdasarkan informasi yang diperoleh dari kamera dan sensor sentuh, walaupun demikian informasi dari kamera belum mencapai titik yang optimal karena keterbatasan kamera yang digunakan, sehingga untuk mencari target robot masih mengalami kesulitan. Disini sensor sentuh sangat berperan penting untuk mendeteksi adanya rintangan dalam jarak yang dekat dengan robot. Model robot menggunakan metode *behavior based control*, menghasilkan robot dengan definisi behavior sebagai berikut:

1. Pertama adalah pemetaan, dalam pemetaan ini robot menjelajah secara bebas yaitu robot berjalan bebas ke arah depan dengan memutar roda kiri dan kanan dalam kecepatan yang sama dengan fungsi untuk mencapai tujuan.
2. Kedua adalah menghindari rintangan jika ada rintangan robot akan belok ke kiri atau kanan, biasanya pada lingkungan tak pasti banyak rintangan, biasanya rintangan akan berupa hal yang tinggi atau pendek. Jika rintangan pendek robot akan melewati tetapi jika rintangan tinggi robot akan mencari alternatif jalan lain. Berjalan Mundur dan Belok, Jika switch bumper robot sebelah kiri menabrak sesuatu maka robot akan mundur sedikit dan belok ke arah kiri, sebaliknya jika menabrak disebelah kanan maka robot mundur dan belok ke kanan.
3. Robot mencari target, jika target yang dicari telah ditemukan oleh robot maka selanjutnya robot akan melanjutkan misinya menyelesaikan tugas sampai finish.
4. Kelima adalah robot menyelesaikan tugasnya setelah mencapai tujuan yang akan dicapai.

4. KESIMPULAN

Robot mobile telah diimplementasikan dan masing-masing komponen robot dapat bekerja sesuai fungsinya. Kemudian robot mobile ini dapat menyelesaikan tugasnya, yaitu melakukan navigasi pada daerah yang terdapat rintangan berupa tanjakan rendah dan halangan rendah.

Penjelajahan dilakukan di dalam dan luar ruangan dengan tanpa membedakan tanjakan yang tinggi dan tanjakan yang rendah.

Kerja navigasi robot pada saat melakukan penjelajahan, menemui halangan, menghindari halangan, mencari target dapat menjadi rekomendasi untuk kemudian dapat dibuat robot yang dapat difungsikan pada daerah bencana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. P. Fries, "Autonomous robot navigation in diverse terrain using a fuzzy evolutionary technique," *Proc. IECON 2018 - 44th Annu. Conf. IEEE Ind. Electron. Soc.*, vol. 1, pp. 5618–5623, 2018.
- [2] C. Wang, S. Member, W. Chi, Y. Sun, S. Member, and M. Q. Meng, "Road Map Construction," pp. 1–12, 2019.
- [3] T. Yan and Y. Zhang, "Mobile Robots Location and Mapping Based on Corner Features," *Proc. - 2018 5th Int. Conf. Inf. Sci. Control Eng. ICISCE 2018*, pp. 833–838, 2019.
- [4] W. Khaksar, Z. Uddin, and J. Torresen, "Self-Adjusting Roadmaps: A Fast Sampling-Based Path Planning Algorithm for Navigation in Unknown Environments," *2018 IEEE Int. Conf. Robot. Biomimetics*, pp. 1094–1101, 2018.

-
- [5] A. Gianibelli, I. Carlucho, M. De Paula, and G. G. Acosta, “An obstacle avoidance system for mobile robotics based on the virtual force field method,” pp. 1–8, 2019.
 - [6] A. Meylani *et al.*, “Different Types of Fuzzy Logic in Obstacles Avoidance of Mobile Robot,” *Proc. 2018 Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci. ICECOS 2018*, vol. 17, pp. 93–100, 2019.
 - [7] I. Ayari and A. Chatti, “Reactive Control Using Behavior Modelling of a Mobile Robot,” *Int. J. Comput. Commun. Control*, vol. 2, no. 3, p. 217, 2016.
 - [8] T. T. Van Nguyen, M. D. Phung, and Q. V. Tran, “Behavior-based Navigation of Mobile Robot in Unknown Environments Using Fuzzy Logic and Multi-Objective Optimization,” *Int. J. Control Autom.*, vol. 10, no. 2, pp. 349–364, 2017.
 - [9] S. Saha, R. Lahiri, A. Konar, and A. K. Nagar, “Gesture Driven Remote Robot Manoeuvre for Unstructured Environment,” *Proc. 2018 IEEE Symp. Ser. Comput. Intell. SSCI 2018*, pp. 1793–1800, 2019.
 - [10] M. N. Nicolescu and M. J. Matarić, “A hierarchical architecture for behavior-based robots,” p. 227, 2004.