

Implementasi Navigasi Robot Tank Menggunakan Arsitektur *Behavior-Based* Berbasis Logika Fuzzy

¹Dwi Arini Mufarrichah, ²Joni Setiawan, ³Moh. Bayu Setya, ⁴Ahmad Labib

^{1,2,3,4} Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang (Font 10)

¹dwi.arinims@gmail.com, ²jonisetiawan48@yahoo.co.id, ³moh.bayu96@gmail.com, ⁴habibtoplez2@gmail.com

Abstrak—*Mobile robot* merupakan sebuah robot yang dapat bergerak secara otomatis untuk melakukan pekerjaan tertentu, misalnya bergerak menuju sasaran tertentu. Fungsi dari *mobile robot* adalah membantu manusia melakukan otomasi dalam transportasi, platform bergerak untuk robot industri, eksplorasi tanpa awak, dan masih banyak lagi. Dalam penelitian ini dikembangkan sebuah *mobile robot* yang dilengkapi kecerdasan buatan menggunakan arsitektur *behavior-based* berbasis logika Fuzzy untuk memudahkan robot melakukan eksplorasi *environment* tanpa awak.

Fuzzy Logic Controller dengan arsitektur *behavior-based* merupakan suatu sistem kecerdasan buatan yang dirancang untuk menavigasi *mobile robot* dalam lingkungan atau *environment* baru yang belum dikenali. Sistem ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu *obstacle avoidance behavior*, *goal seeking behavior*, dan *move backward behavior*. *Behavior Controller* diimplementasikan pada *mobile robot* ini untuk dapat mengendalikan sudut kemudi dan kecepatan linier dari pergerakan robot dalam upaya untuk mengeksplorasi tanpa awak pada *environment* sekitar dan mengurangi resiko terjadinya tabrakan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa arsitektur ini dapat membawa *mobile robot* menuju target, ataupun mengeksplorasi *environment* dengan aman tanpa terjadi tabrakan walaupun lingkungan tersebut belum dikenali sebelumnya. Untuk pengujian respon sistem yang dilakukan terhadap variasi setting point, beban, dan rule, diperoleh data yang menunjukkan bahwa respon sistem cukup cepat. Sistem kontrol menggunakan Fuzzy Logic memperoleh nilai yang *redundant*, yang berarti Fuzzy Logic Controller masih dapat bekerja dengan adanya pengurangan beberapa rule, maupun jika terjadi kesalahan-kesalahan kecil dalam pemrogramannya, tanpa adanya perubahan yang signifikan.

Kata Kunci—*Dual Control System; Robot Tank; Android, Behavior Controller, Fuzzy Logic Controller*

Abstrak— *Mobile robot is a robot that can move automatically to do a certain job, for example moving towards a particular target. There are many function of mobile robot, such as help humans automate transport, mobile platforms for industrial robots, unmanned exploration, and more. In this study, we developed a mobile robot equipped artificial intelligence using behavior-based architecture with Fuzzy logic to facilitate the robot for exploring unmanned environment.*

Fuzzy Logic Controller with behavior-based architecture is an artificial intelligence system designed to navigate mobile robots in unrecognized environments. This system consists of three main

parts, namely obstacle avoidance behavior, goal seeking behavior, and move backward behavior. The Behavior Controller is implemented in this mobile robot to control the steering angle and linear velocity of the robot movement in an effort to explore unmanned environment around and reduce the risk of collisions.

The test results show that this architecture can bring the mobile robot to the target, or explore the environment safely without a collision even though the environment has not been recognized before. To test the system response, we made the variation of setting point, load, and rule, obtained data indicating that the system response is fast enough. The control system using Fuzzy Logic gets a redundant value, which means Fuzzy Logic Controller can still work with the reduction of some rules, and if there are minor errors in the programming, without any significant changes.

Keywords—*Dual Control System; Robot Tank; Android, Behavior Controller, Fuzzy Logic Controller*

I. Pendahuluan

Robot merupakan sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan ataupun kontrol manusia menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu (kecerdasan buatan)[1]. Salah satu jenis robot berdasarkan struktur dan fungsi fisiknya adalah *mobile robot*. *Mobile robot* merupakan sebuah robot yang dapat bergerak secara otomatis untuk melakukan pekerjaan tertentu, misalnya bergerak menuju sasaran tertentu[2]. Fungsi dari *mobile robot* adalah membantu manusia melakukan otomasi dalam transportasi, platform bergerak untuk robot industri, eksplorasi tanpa awak, dan masih banyak lagi. Contoh implementasi *mobile robot* diberbagai bidang misalnya, robot *pioneer*, *wall follower*, *line follower*, *obstacle avoider*, dan sebagainya[3].

Salah satu tipe *mobile robot* adalah robot tank. Berdasarkan tipe pergerakannya, tank termasuk salah satu contoh kendaraan dengan model pergerakan *non-holomic*. Model pergerakan jenis ini membutuhkan

gerakan yang kompleks (termasuk gerakan mundur) berputar berbalik arah dalam ruangan yang terbatas, dan menghindari rintangan pada jarak yang relatif dekat.

Cara pengendalian atau navigasi pada suatu autonom *mobile robot* menggunakan teknik algoritma yang biasanya sudah ditentukan dalam program atau didefinisikan terlebih dahulu. Robot berbasis perilaku (*behavior-based robot*) adalah suatu pendekatan yang cocok untuk diaplikasikan pada sistem ini. Metode robot berbasis perilaku adalah suatu pendekatan yang diinspirasi dari sistem biologis, dimana suatu sistem didistribusikan dalam beberapa modul kecil yang disusun secara paralel [4]. Setiap modul disebut sebagai perilaku (*behavior*), memiliki target tertentu yang harus dicapai dan berlaku seperti sebuah kendali individu [5].

Ada beberapa sistem yang umum digunakan untuk kendali suatu autonom *mobile robot* yaitu *Proportional Integral Derivatif* (PID), *Fuzzy Logic Controller* (FLC), *Neural Network* (NN), dan *Decision Trees*. Metode *Fuzzy Logic Controller* (FLC) merupakan jenis pengendalian dengan logika samar yang mampu memberikan perspektif kompleks yang mendekati pengambilan keputusan pada manusia, dan merupakan salah satu solusi dalam merancang sistem kendali perilaku individual robot dengan berbasiskan pengetahuan yang dirumuskan dalam bentuk aturan (*rule base*). Jika dibandingkan dengan logika konvensional, kelebihan logika fuzzy adalah kemampuannya dalam proses penalaran secara bahasa sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematika yang rumit [6], selain itu sistem fuzzy memiliki kemampuan untuk menangani informasi yang tidak pasti dan tidak tepat yang diperoleh dari sensor dengan menggunakan aturan bahasa [7].

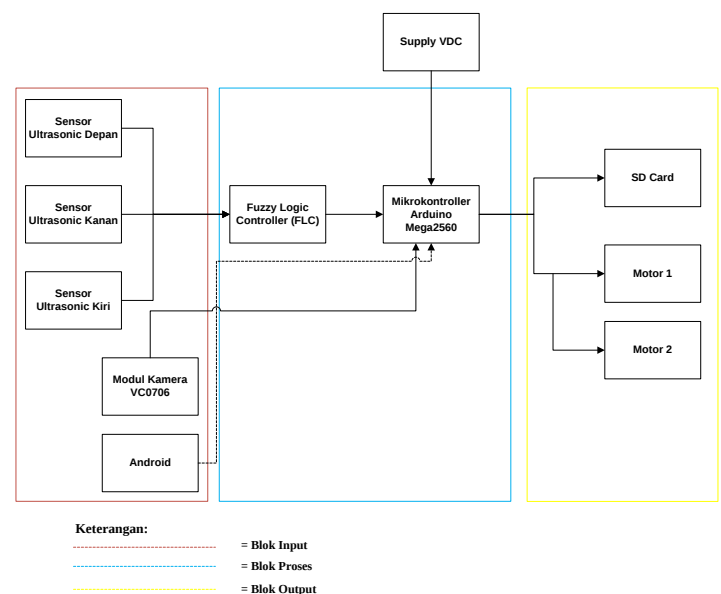
Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini dikembangkan sebuah *mobile robot* yang mengimplementasikan arsitektur *behavior-based* dengan menggunakan *Fuzzy Logic Controller* agar robot mampu mengidentifikasi dan menjelajah suatu ruangan atau *environment* yang belum dikenali tanpa menabrak dinding atau benda lainnya, dan melakukan *capture environment*, serta robot ini dapat dikembangkan untuk mampu mencari jalan keluar dari labirin (*maze*) karena

nantinya robot ini berencana dikembangkan untuk membantu tim SAR dalam melakukan pencarian korban direruntuhan bangunan. Mobile robot avoider ini dibuat dengan menggunakan roda dari tank yang dikombinasikan dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan sensor ultrasonik. Tujuannya adalah untuk mengkombinasikan tank agar bisa berjalan menghindari halangan atau *obstacle* dan tank bisa melewati rintangan pada jalanan yang terjal.

II. Metode Penelitian

A. Perancangan Perangkat Keras

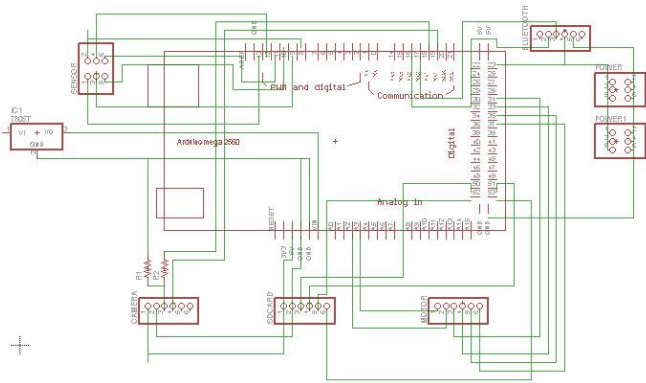
Perancangan perangkat keras terbagi atas dua bagian utama, yaitu rancangan dan spesifikasi mekanik dan perancangan elektrik. Pada sistem *mobile robot* yang dikembangkan, terdapat 3 blok utama yang terdiri dari blok input, blok proses, dan blok output. *Mobile robot* yang dikembangkan menggunakan blok *processing* Arduino Mega 2560 untuk mengelola data sensor dan memberikan keputusan berdasarkan hasil defuzzifikasi pada blok output. Untuk logika pengambilan keputusan digunakan logika fuzzy untuk menggerakkan motor DC yang berada pada blok output. Pada Gambar 1 berikut ini merupakan diagram blok sistem dari *mobile robot* yang dikembangkan.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

B. Pelaksanaan Pembuatan Robot

Mobile robot yang dirancang memiliki beberapa komponen pendukung, diantaranya: (1) Limit Switch; (2) Sensor Ultrasonic HC SR-04; (3) Modul Kamera VC0706; (4) Perangkat Android dan apk kontrol; (5) Arduino Mega 2560; (6) Driver Motor L298N; (7) Motor DC; dan (8) Modul SD Card. Untuk desain elektrik atau skematik rangkaian pada *mobile robot* tank ini ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



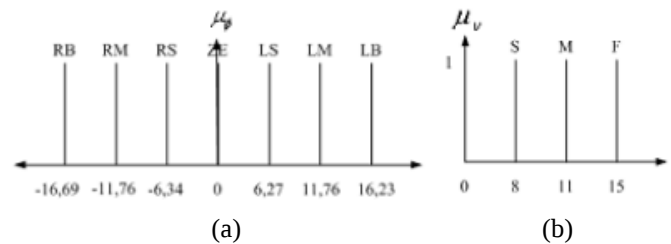
Gambar 2. Skematik Rangkaian

Blok *processing* yang dikembangkan menggunakan arduino Mega2560 yang memiliki pin digital I/O sebanyak 54 pin dimana 14 pin merupakan keluaran dari PWM. Arduino Mega2560 juga memiliki 16 pin analog, 16MHz resonator keramik, USB Connector, Jack Power, dan ISCP header. Sedangkan pada blok *output* terdapat driver L298N yang merupakan sebuah IC yang memiliki prinsip kerja berdasarkan *H-Bridge*. Tiap *H-Bridge* dikontrol menggunakan level tegangan TTL yang berasal dari *output* mikrokontroler. IC *H-Bridge* pada driver motor L298N memiliki dua buah rangkaian *H-Bridge* di dalamnya sehingga mampu digunakan secara paralel untuk mengontrol dua buah motor DC.

C. Perancangan Basic-Behavior

Tiga buah Basic-Behavior dirancang menggunakan Fuzzy metode Sugeno, Behavior tersebut adalah *Goal Seeking Behavior*, *Obstacle Avoidance Behavior*, dan *Move Backward Behavior*. Fungsi keanggotaan *output* sudut kemudi disusun dalam bentuk *singleton* seperti

yang ditunjukkan pada Gambar 3(a) dan Fungsi keanggotaan *output* kecepatan disusun dalam bentuk *singleton* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3(b).



Gambar 3. Fungsi keanggotaan output

- (a) Fungsi keanggotaan output sudut kemudi dalam satuan ($^{\circ}$)
(b) Fungsi keanggotaan output kecepatan linear dalam (cm/s)

Keterangan Gambar 3(a):

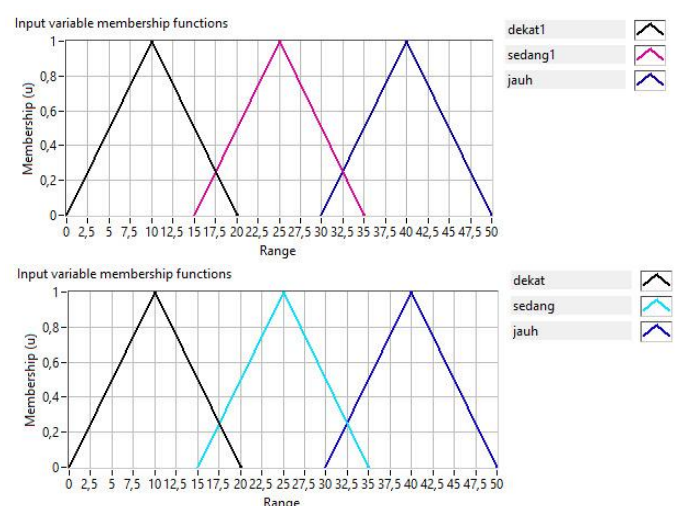
RB = Right Big, RM = Right Medium, LS = Right Small, ZE = Zero, LS = Left Small, LM = Left Medium, dan LB = Left Big. Tanda (-) menyatakan sudut kemudi diputar ke arah kanan dan tanda (+) menyatakan sudut kemudi diputar ke arah kiri.

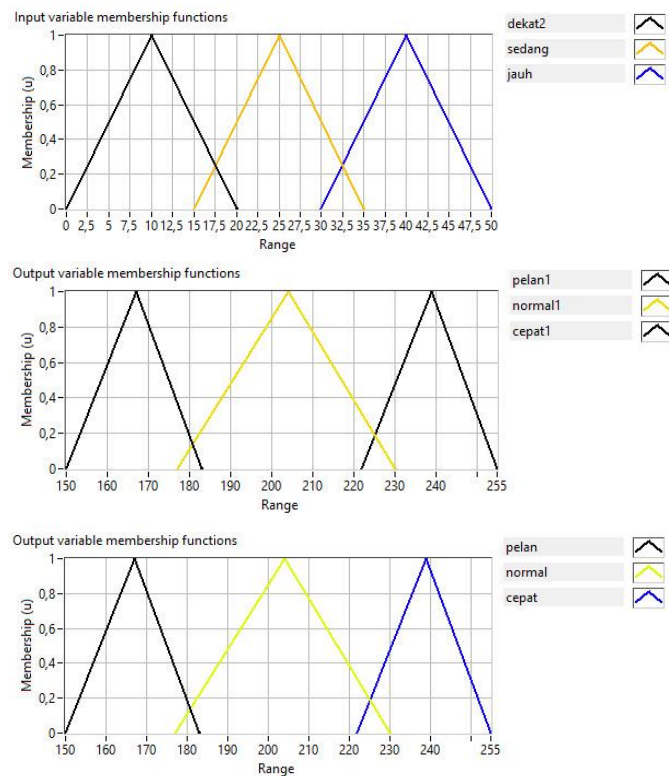
Keterangan Gambar 3(b):

S = Slow, M = Medium, dan F = Fast.

III. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini beberapa hasil output membership function untuk masing-masing input variabel yang diberikan berdasarkan hasil Fuzzy Logic Controller menggunakan metode Sugeno ditampilkan dalam Gambar 4 berikut.





Gambar 4. Hasil Output Membership Function

Tabel 1. Data Hasil Ujicoba

INPUT SENSOR			OUTPUT SISTEM	
KIRI	DEPAN	KANAN	KIRI	KANAN
3	5	5	166,65	166,65
6	7	9	166,8	166,8
10	30	12	203,75	203,75
20	22	39	238,75	166,75
45	24	30	166,75	238,75
3	32	28	203,65	203,65
25	37	13	238,85	238,85
15	39	38	238,75	238,75
43	25	45	203,75	238,75
47	46	10	203,65	203,65

Tabel 2. Data Output dan Respon Hasil Simulasi

OUTPUT SIMULASI		RESPON
KIRI	KANAN	
166,65	166,65	MUNDUR
166,8	166,8	MUNDUR
203,75	203,75	MAJU
238,75	166,75	BELOK KANAN
166,75	238,75	BELOK KIRI
203,65	203,65	MAJU
238,85	238,85	MAJU
238,75	238,75	MAJU
203,75	238,75	BELOK KIRI
203,65	203,65	MAJU

Behavior-controller dirancang untuk mengintegrasikan *basic-behavior* berdasarkan prioritas tinggi. *Behavior* yang memiliki prioritas tinggi mengendalikan sudut kemudi dan kecepatan serta posisi mobile robot. Skenario *behavior-controller* adalah sebagai berikut:

- Apabila target belum tercapai dan tidak ada rintangan terdeteksi, maka *Goal seeking Behavior* yang memiliki prioritas tinggi;
- Apabila target belum tercapai dan ada rintangan terdeteksi sensor depan (FL, FC, atau FR) maka *Obstacle Avoidance behavior* yang memiliki prioritas tinggi;
- Apabila target belum tercapai dan ada rintangan terdeteksi sensor depan (FL, FC, atau FR) di bawah atau sama dengan batas minimum yang ditentukan, maka *Move Backward Behavior* yang memiliki prioritas tinggi. Akhir penggunaan *behavior* ini saat sensor belakang (BL dan BR) mendeteksi rintangan lebih kecil atau sama dengan jarak yang ditentukan atau sensor depan (FL, FC, dan FR) tidak mendeteksi rintangan;
- Apabila target telah tercapai, maka proses selesai.

iv. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan sistem, pengujian, dan pembahasan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Adanya *move backward behavior* dapat menghindari rintangan saat *obstacle avoidance behavior* tidak dapat dilaksanakan dengan baik akibat jarak robot terhadap rintangan relatif dekat atau rintangan menyinggung lintasan yang dibentuk dengan sudut kemudi maksimum;
2. Besar sudut kemudi dan jarak deteksi sensor jarak terhadap rintangan mempengaruhi keberhasilan menghindari rintangan dengan menggunakan *obstacle avoidance behavior*;
3. Hasil eksperimen menunjukkan arsitektur yang diusulkan memungkinkan robot mencapai posisi relatif terhadap target dengan aman tanpa bertabrakan.

Daftar Pustaka

- [1] As'ari, Heru Dibyo Laksono, dkk, "Perancangan Robot Wall Follower dengan Metode Proportional Integral Derivative (PID) Berbasis Mikrokontroler," pada *Jurnal Teknik Elektro Universitas Andalas*, 2013.
- [2] Iwan Setiawan, "Perancangan Robot Mobil Penjejak Dinding Koridor Menggunakan Kendali Logika Fuzzy," pada *Jurnal Teknik Elektro Universitas Indonesia*, 2009.
- [3] Faikul Umam, "Pengembangan Sistem Kendali Pergerakan Autonomous Mobile Robot untuk Mendapatkan Jalur bebas Hambatan Menggunakan Fuzzy Logic Controller," pada *Jurnal Teknik Elektro Universitas Trunojoyo*, 2013.
- [4] R.C. Arkin, "Behavior Based Robotics", The MIT Press, 1998.
- [5] A. Adriansyah, "Pengendalian robot bergerak berbasis perilaku menggunakan particle swarm fuzzy controller", pada *Seminar Nasional Informatika 2008 (Semnas 2008) UPN "Veteran" Yogyakarta*, 2008, hal. 130-138.
- [6] T. Sutojo, E. Mulyanto, & V. Suhartono, "Kecerdasan Buatan", Yogyakarta: Andi, 2011.
- [7] B. Quing-Yong, L. Shun-ming, S. Wei-Yan, & An Mu-Jin, "A Fuzzy Behavior-Based Architecture for Mobile Robot Navigation in Unknown Environments", in *IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence*, pp. 257-261, 2009.