IMPLEMENTASI ALGORITMA *FUZZY LOGIC* PADA AUTONOMOUS MOBILE ROBOT UNTUK KASUS PENDETEKSIAN HALANGAN

Dwi Rahmat Zuliyanto[1], Galih Hermawan[2]

Teknik Informatika – Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipatiukur 112-114 Bandung
E-mail : dwirahmat29@gmail.com[1], galih.hermawan@yahoo.com[2]

ABSTRAK

Autonomous mobile robot merupakan sebuah robot yang dapat bernavigasi secara mandiri tanpa bantuan manusia dengan menanamkan algoritma tertentu sebagai pengatur gerak robot . Robot jenis ini dapat melakukan tugasnya dengan baik karena memiliki kecerdasan yang menyerupai kecerdasan manusia seperti menghindari halangan yang berada di depan, halangan kondisi jalan berlubang dan halangan tinggi yang menyerupai terowongan. Kecerdasan buatan yang ditanamkan pada *autonomous mobile robot* akan membantu robot untuk mengambil keputusan serta beradaptasi pada lintasannya untuk menghindari setiap halangan.

Tujuan dari penelitian ini adalah membangun *autonomous mobile robot* penghindar halangan dan menanamkan algoritma *fuzzy logic* kepada mobile robot sebagai pengatur gerak mobile robot dengan memanfaatkan pendeteksian sensor *ultrasonic* agar mobile robot dapat menghidar dari setiap halangan yang terdeteksi. Hasil pendeteksian sensor diproses di dalam mikrokontroler yang telah ditanamkan terlebih dahulu dengan metode *fuzzy logic* dan menghasilkan sebuah keluaran yang berupa jenis gerakan yang akan dilakukan *mobile robot*. Dari hasil pengujian menunjukan bahwa *mobile robot* penghindar halangan yang dibangun telah berfugsi dengan baik sesuai dengan rancangan yang dibuat dengan tingkat keberhasilan 98,8%.

Kata Kunci : *autonomous mobile robot*, penghindar halangan, sensor *ultrasonic*, mikrokontroler, *fuzzy logic.*

1 PENDAHULUAN

Robotika merupakan sebuah bidang multidisiplin ilmu yang mempelajari tentang pembuatan mesin untuk meringankan pekerjaan manusia. Beberapa bidang ilmu yang terkait dalam pembuatan robot antara lain ilmu mekanik yang mempelajari kontruksi robot, ilmu elektronika untuk sistem elektronik robot, dan kecerdasan buatan sebagai otak robot. Istilah robot berasal dari kata “robota” yang berarti tenaga kasar atau pelayan. Awalanya robot hanya digunakan pada aplikasi industri atau robot *manipulator*, robot ini memiliki kontruksi mirip dengan lengan manusia. Namun seiring perkembangan jaman kemudian dikenal istilah *mobile robot*, *humanoid*, *animaloid* dan lain sebagainya. Fungsinya juga mengalami perubahan yang tadinya untuk keperluan industri sekarang juga untuk bidang kedokteran, hiburan bahkan untuk militer. Klarifikasi robot dibagi menjadi tiga bagian yaitu, *autonomous robot, teleoperated robot, dan semi autonomous robot*. *Autonomous robot* merupakan robot yang dapat berjalan/ bergerak otomatis tanpa bantuan dari manusia secara terus menerus, *teleoperated robot* merupakan robot yang pengoperasiannya dikendalikan oleh manusia dari kejauhan dan semi *autonomous* robot merupakan robot yang dapat dikendalikan manusia dari kejauhan dan dapat bergerak secara otomatis.

Teknologi robot mobile digunakan tidak lagi dipergunakan untuk keperluan industri saja, tetapi dapat dipergunakan dalam berbagai bidang. Misalnya robot *Sojourner* yang digunakan untuk misi ke Mars yang berfungsi untuk menghindari halangan. Robot jalur bebas hambatan merupakan sebuh robot yang diberi kecerdasan agar dapat memilih jalur aman dalam melakukan pergerakan. Dalam proses pergerakannya, robot harus dapat mendeteksi adanya beberapa halangan dan menghindari halangan tersebut.

Robot mobile penghindar halangan dapat diaplikasikan untuk berbagai bidang, anatra lain dalam bidang militer untuk keperluan navigasi, mata-mata/ pengintai dan robot ini mampu mejelajahi daerah yang sulit terjangkau oleh manusia.

Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan Elang Derdian Marindani [5], robot mobile yang dirancang hanya dapat mendeteksi dan menghindari halangan yang ada di didepan, samping kanan dan samping kiri serta robot yang dirancang hanya dapat mendeteksi keberadaan halangan yang ketinggiannya lebih rendah dari posisi sensor ultrasonik. Robot mobile bertumpu pada mikrokontroler dan motor DC. Mikrokontroler digunakan sebagai pengatur gerakan atau putaran

motor DC. Motor DC digunakan sebagai penggerak utama keseluruhan badan robot mobile. Namun pada penelitian sebelumnnya dikatakan bahwa robot mobile beberapa kekurangan dalam sistem pengendalian robot mobil. Dari hasil penelitian tersebut dituliskan robot mobile dapat ditambahkan sensor untuk pendeteksian halangan selain pendeteksian terhadap halangan depan, samping kanan, dan samping kiri serta halangan yang tingginya lebih rendah dari sensor ultrasonik.

Dalam hal ini dibutuhkan sensor yang dapat mendeteksi obstacle dan membutuhkan program untuk mengatur perputaran motor DC yaitu dengan menggunakan sebuah algoritma yang dapat mengatur gerak perputaran motor DC dengan dibantu oleh alat sensor yang terdapat pada robot untuk mendeteksi jarak yang ada didepan, samping kanan dan kiri serta dapat mendeteksi keberadaan halangan yang ketinggiannya lebih rendah dari tinggi robot mobile serta dapat mendeteksi kondisi tanah (jalan) yang kurang baik. Hal ini bertujuan agar robot mobile dapat menghindar dari multiple obstacle yang terdeteksi oleh sensor. Satu diantara metode yang dapat digunakan untuk menggabungkan kemampuan-kemampuan tersebut adalah fuzzy logic. Dimana penggunaan metode fuzzy logic saat ini telah berkembang pesat dan meluas di berbagai bidang, fuzzy logic sudah menjadi bahan dasar bagi perancangan teknologi robot mobile.

Berdasarkan uraian diatas, permasalahan yang terdapat pada pengendalian mobile robot yaitu membuat mobile robot pengintai/ mata-mata autonomous yang menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu untuk menghindar dari *multiple obstacle.*

1.1 Batasan Sistem

Pembatasan masalah dalam membuat sistem pengendalian robot mobile beroda ini adalah :

1. Bagian utama dari pengendalian mobile robot beroda ini menggunakan pc/laptop.
2. Perancangan software untuk proses pemrograman menggunakan *compiler arduino IDE* dengan bahasa pemrograman bahasa C.
3. *Fuzzy logic* yang digunakan untuk mengatur pergerakan robot.
4. Aturan Robot :
   a. Lintasan yang digunakan tidak lebih dari 6x6 meter.
   b. Lintasan yang digunakan lintasan kering (tidak ada air menggenang).
   c. Lintasan yang digunakan lintasan tidak berbatu.
   d. Halangan yang digunakan untuk pendeteksian jarak depan, samping kanan, dan samping kiri berupa bidang tegak lurus menyerupai tembok.
   e. Halangan yang digunakan untuk pendeteksian kondisi jalan berupa jalan berlubang.
   f. Halangan yang digunakan untuk pendeteksian tinggi menyerupai terowongan.
   g. Pendeteksian halangan yang ada di depan, samping kanan, dan samping kiri hanya dapat mendeteksi jarak halangan dengan sudut 180°.
5. Batasan Fisik Robot :
   a. Menggunakan 3 sensor ultrasonik untuk mendeteksi halangan depan, samping kanan, dan samping kiri serta untuk mendeteksi tinggi serta untuk mendeteksi kondisi jalan.
   b. Mikrokontroler yang digunakan arduino romeo
   c. Baterai yang digunakan baterai 12 Volt.
   d. Menggunakan 2 buah motor DC.
   e. Menggunakan 1 buah motor servo.
   f. Menggunakan 6 roda.
   g. Robot yang dirancang berbentuk menyerupai tank.
   h. Bahan dasar badan robot menggunakan bahan akrilik.
   i. Robot tidak dapat berjalan mundur.
   j. Robot dapat berbelok kanan dan kiri dengan sudut 90°.
   k. Robot yang dibangun adalah robot autonomous.

1.2 Robot Mobile

Mobile robot adalah konstruksi robot yang ciri khasnya adalah mempunyai aktuator untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut, sehingga robot tersebut dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lain. Secara umum robot *mobile* dibagi menjadi dua yaitu robot beroda dan robot berkaki [2].

a. Robot Beroda (*Wheeled Robot*)
   Robot beroda ini sangat disukai bagi orang yang mulai mempelajari robot. Hal ini karena membuat robot ini tidak memerlukan kerja fisik yang berat. Roda seringkali dipilih, karena memberikan *traction* yang bagus, mudah diperoleh dan dipakai, dan juga mudah untuk memasangnya pada robot. Untuk dapat membuat sebuah robot beroda minimal diperlukan pengetahuan tentang mikrokontroler dan sensor-sensor elektronik. *Base* robot beroda dapat dengan mudah dibuat dengan menggunakan *plywood* atau triplek, akrilik dan menggunakan logam. Robot ini dapat dibuat sebagai pengikut garis (*line follower*) atau pengikut dinding (*wall follower*) ataupun pengikut cahaya. Pada

Gambar di bawah ini adalah robot beroda [11].



Gambar 1 Robot Beroda

b. Robot Berkaki
Untuk melewati medan yang tidak menentu, robot berkaki sangat baik digunakan karena robot berkaki lebih mudah beradaptasi bila dibandingkan menggunakan roda seperti untuk menaiki tangga. Bentuk robot berkaki banyak diadopsi dari bentuk mahkluk hidup atau manusia. Gambar 2 di bawah ini adalah robot berkaki, salah satu jenisnya adalah robot serangga [11].



Gambar 2 Robot Berkaki

1.2.1 *Autonomous* Robot

Robot *autonomous* adalah robot yang dapat melakukan tugas-tugas yang diinginkan dalam lingkungan yang tidak terstruktur tanpa bimbingan manusia secara terus menerus. Banyak jenis robot memiliki beberapa tingkat otonomi. Tingkatan otonomi sangat dibutuhkan dalam bidang-bidang, seperti eksplorasi ruang angkasa, membersihkan lantai, memotong rumput, dan pengolahan air limbah [11]. Berikut pada gambar 3 salah satu gambar robot *autonomous*.



Gambar 3 *Autonomous* Robot

1.3 Kecerdasan Buatan

Kecerdasan buatan berasalah dari bahasa Inggris *"Artificial Intelligence"* atau disingkat AI, yaitu *intelligence* adalah kata sifat yang berarti cerdas, sedangkan *artificial* artinya buatan. Kecerdasan yang dimaksud disini meranjuk pada mesin yang mampu berfikir, menimbang tindakan yang diambil, dan mampu mengambil keputusan seperti yang dilakukan oleh manusia.

Menurut Alan Turing, ahli matematika berkebangsaan Inggris yang dijuluki bapak komputer modern dan pembongkar sandi Nazi dalam era Perang Dunia II 1950, menetapkan definisi *Artificial Intelligence.* "Jika komputer tidak dapat dibedakan dengan manusia saat berbicara melalui terminal komputer, maka bisa dikatakan komputer itu cerdas, mempunyai kecerdasan".

Menurut John Carty dari stanford mendefiniskan kecerdasan sebagai "Kemampuan untuk mencapai sukses dalam menyelesaikan suatu permasalahan".

Menurut Herbert Alexander Simon (June 15, 1916-February 9, 2001) " : "Kecerdasan buatan (*Artificial Intellegence*) merupakan kawasan penelitian, aplikasi, dan intruksi yang terkait dengan pemrograman komputer untuk melakukan sesuatu hal yang dalam pandangan manusia adalah cerdas".

Menurut Rich and Knight (1991) : "Kecerdasan Buatan (AI) merupakan sebiah studi tentang bagaimana membuat komputer melakukan hal-hal yang pada saat ini dapat dilakukan lebih baik oleh manusia". Lingkup utama kecerdasan buatan diantaranya :

1. Sistem Pakar
2. Pengolahan Bahasa Alami.
3. Pengenalan Ucapan.
4. Robotika dan Sistem Sensor
5. *Computer Vision.*
6. *Intelligence Computer aid Intruction.*

1.4 Logika *Fuzzy*

Dalam kondisi yang nyata, beberapa aspek dalam dunia nyata selalu atau biasanya berada di luar model matematis dan bersifat samar. Konsep ketidak pastian inilah yang menjadi konsep dasar munculnya konsep logika *fuzzy*. Pencetus gagasan logika *fuzzy* adalah L.A. Zadeh (1965) dari California University.

Logika *fuzzy* adalah salah satu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Logika *fuzzy* berbeda dengan logika digital biasa, dimana logika digital biasa hanya mengenal 2 keadaan yaitu: "ya" dan "tidak" atau *"on"* dan *"off"* atau *"high"* dan *"low"* atau "1" dan "0". Sedangkan logika *fuzzy* meniru cara berpikir manusia dengan menggunakan konsep sifat kesamaran suatu nilai. Dengan himpunan *fuzzy*, suatu objek dapat menjadi anggota dari banyak himpunan dengan derajat keanggotaan yang berbeda dalam masing-masing himpunan [12].

Sistem *fuzzy* mempunyai beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan sistem tradisional, misaljan pada jumlah aturan yang dipergunakan. Pemrosesan awal sejumlah besar nilai menjadi sebuah nilai derajat keanggotaan pada sistem *fuzzy* mengurangi jumlah nilai yang harus dipergunakan pengontrol untuk membuat suatu keputusan. Keuntungan lainnya adalah sistem *fuzzy* mempunyai kemampuan penalaran yang mirip dengan kemampuan penalaran manusia. Hal ini disebabkan karena sistem *fuzzy* mempunyai kemampuan untuk memberikan respon berdasarkan infromasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat dan ambigu.

2 ISI PENELITIAN

2.1 Analisis Masalah

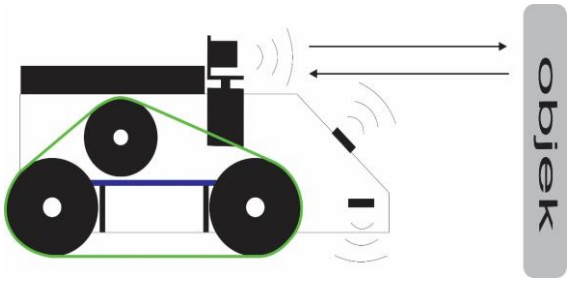
Robot mobile penghindar halangan dapat diaplikasikan untuk berbagai bidang, anatra lain dalam bidang militer untuk keperluan navigasi, mata-mata/ pengintai dan robot ini mampu mejelajahi daerah yang sulit terjangkau oleh manusia.

Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan Elang Derdian Marindani [5], robot mobile yang dirancang hanya dapat mendeteksi dan menghindari halangan yang ada di didepan, samping kanan dan samping kiri. robot mobile bertumpu pada mikrokontroler dan motor DC. Mikrokontroler digunakan sebagai pengatur gerakan atau putaran motor DC. Motor DC digunakan sebagai penggerak utama keseluruhan badan robot mobile. Namun pada penelitian sebelumnnya dikatakan bahwa robot mobile beberapa kekurangan dalam sistem pengendalian robot mobil. Dari hasil penelitian tersebut dituliskan robot mobile dapat ditambahkan sensor untuk pendeteksian halangan selain pendeteksian terhadap halangan depan, samping kanan, dan samping kiri saja.

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini akan membuat robot mobile *autonomous* dengan menggunakan metode *fuzzy logic* menggunakan sensor *ultrasonic*, infra merah dan arduino romeo dan menggunakan 3 (tiga) parameter yaitu parameter pertama jarak depan, samping kanan, samping kiri. Parameter kedua yaitu parameter kondisi jalan dan parameter ketiga yaitu parameter tinggi. Parameter pertama menggunakan sensor ultrasonik yang digunakan untuk mendeteksi halangan depan, samping kanan, dan samping kiri dengan jarak 0-200 cm halangan yang dimaksud berupa dinding atau benda yang menyerupai dinding. Parameter kedua menggunakan sensor ultrasonik yaitu parameter kondisi jalan yang bertujuan untuk mendeteksi kondisi jalan dapat dilalui robot dengan jarak 0-10 cm halangan yang dimaksud berupa lintasan atau jalan yang bolong. Parameter ketiga menggunakan sensor ultrasonik yaitu parameter tinggi yang bertujuan untuk mendeteksi ketinggian halangan yang tingginya kurang dari tinggi robot dengan jarak 0-10 cm halangan yang dimaksud berupa halangan yang menyerupai terowongan. Dari hasil pendeteksian ketiga sensor yang dipakai sebagai pendeteksi atau indera dari robot akan diproses oleh logika *fuzzy* untuk sebagai penentu pergerakan robot.

2.1.1 Halangan Sekitar

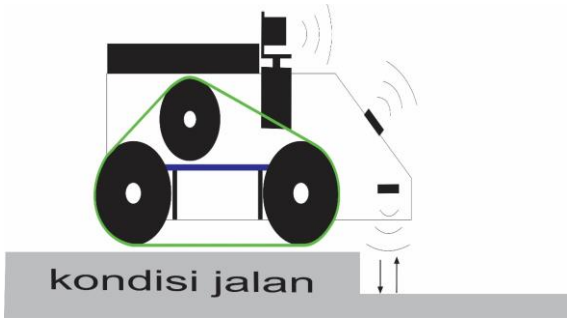
Gambaran mengenai halangan sekitar adalah halangan yang terdeteksi oleh robot yang halangannya berada di depan, samping kanan dan samping kiri robot dengan jarak 0-20 cm dikategorikan sebagai halangan yang dekat dan untuk halangan dengan jarak 18-200 cm dikategorikan sebagai halangan jauh. Halangan yang dimaksud berupa halangan yang bebentuk bidang tegak lurus menyerupai tembok atau dinding. Berikut gambar 4 dari halangan sekitar.



Gambar 4 Halangan Sekitar

2.1.2 Halangan Kondisi Jalan

Gambaran mengenai halangan kondisi jalan adalah halangan yang terdeteksi oleh robot yang halangannya berupa kondisi jalan yang berlubang dengan jarak 0-5 dikategorikan sebagai halangan dekat dan 4-10 cm dikategorikan sebagai halangan jauh. Berikut gambar 5 dari halangan kondisi jalan.



Gambar 5 Halangan Kondisi Jalan

2.1.3 Halangan Tinggi

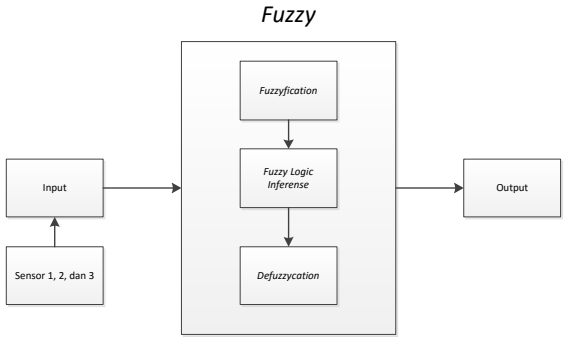
Gambaran mengenai halangan tinggi adalah halangan yang terdeteksi oleh robot yang halangannya menyerupai terowongan dengan jarak 0-5 cm dikategorikan sebagai halangan dekat dan 4-10 cm dikategorikan sebagai halangan jauh. Berikut gambar dari halangan tinggi.



Gambar 6 Halangan Tinggi

2.2 Analisis Solusi

Analisis solusi merupakan kebutuhan yang difokuskan pada pemahaman tentang informasi, fungsi, dam performasnsi sistem. Proses analisis solusi juga merupakan suatu prosedur yang dilakukan untuk pemeriksaan masalah dan penyusunan alternatif pemecahan masalah yang timbul serta membuat spesifikasi sistem yang akan disusulkan. Adapun gambaran umum sistem dari mobile robot yang akan dibangun dapat dilihat dari gambar 7 berikut :



Gambar 7 Gambaran Umum Sistem

1. Masukan diambil dari pendeteksian sensor 1, 2, dan 3 berupa jarak pendeteksian terhadap halangan. Sensor 1 untuk pendeteksian halangan depan, samping kanan, dan samping kiri. Sensor 2 untuk pendeteksian kondisi jalan. Sensor 3 untuk pendeteksian halangan tinggi. Hasil pendeteksian terhadap halangan dari ketiga sensor dikirimkan kedalam *fuzzy.*
2. Hasil pendeteksian ketiga sensor diproses oleh fuzzy kedalam tahap fuzzyfikasi yaitu proses pengubahan nilai tegas/*real* yang dikirimkan ketiga sensor kedalam fungsi keanggotaan kemudian berlajut kedalam tahap pembentukan anturan yaitu proses pembentukan aturan menggukana *IF* dan *Then* kemudian berlajut kedalam tahap mesin inferensi yaitu proses pengaplikasikan fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN untuk mendapatkan nilai dari setiap anturan kemudian berlajut kedalam tahap defuzzyfikasi yaitu proses pemetaan himpunan fuzzy kedalam himpunan tegas.
3. Keluaran diambil dari hasil logika fuzzy berupa jenis pergerakan robot yaitu perintah lambat atau cepat.

2.3 Analisis Masukan

Berikut ini tabel variable *input* dan *output* pada penelitian ini.

Tabel 1 Variabel

Fungsi	Variabel	Keterangan	Range
Input	Jarak Sekeliling	Diperoleh dari pendeteksian sensor terhadap halangan yang terdeteksi	[0-200 CM]
	Kondisi jalan	Diperoleh dari pendeteksian sensor terhadap jalan yang kurang baik (belubang)	[0-10 CM)
	Tinggi	Diperoleh dari peneteksian sensor terhadap halangan yang tingginya kurang dari tinggi robot.	[0-10 CM]

Output	Kecepatan	Diperoleh dari proses *fuzzy*	[0-250 PWM]

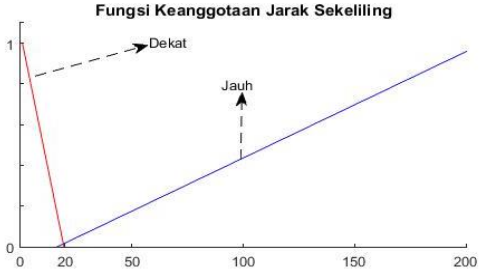
Dari variabel yang telah dimunculkan, kemudian disusun domain himpunan *fuzzy*. Berdasarkan domain tersebut , selanjutnya ditentukan fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel. Dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 Himpunan Variabel

Fungsi	Nama Variabel	Himpunan	Domain
Input	Jarak Sekeliling	Dekat	[0-20 CM]
		Jauh	[18-200 CM]
	Kondisi jalan	Dekat	[0-5 CM]
		Jauh	[4-10 CM]
	Tinggi	Dekat	[0-5 CM]
		Jauh	[4-10 CM]
Output	Kecepatan	Lambat	[0-50 PWM]
		Cepat	[50-250 PWM]

Berdasarkan tabel himpunan fuzzy di atas, maka pemetaan *input-output* pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel Jarak Sekeliling
   Variabel jarak depan, samping kanan, dan samping kiri merupakan variabel yang dapat dari pendeteksian sensor 1 (satu). Pada variabel ini dibentuk dua himpunan *fuzzy*, yaitu dekat dan jauh. Untuk merepresentasikan variabel jarak depan, samping kanan, dan samping kiri dibentuk kurva segitiga untuk himpunan fuzzy dekat dan kurva segitiga untuk himpunan fuzzy jauh. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 8 di bawah ini.



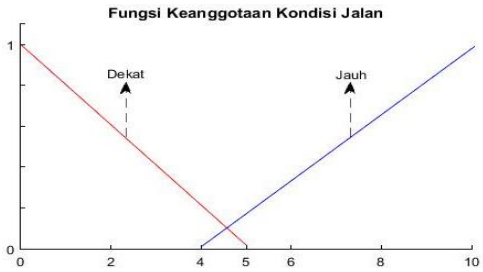
Gambar 8 Fungsi Keanggotaan Jarak

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu Dekat(x) = \begin{cases} 1; & x \le 0 \\ \dfrac{20-x}{20-0}; & 0 < x \le 20 \\ 0; & x \ge 20 \end{cases}$$

$$\mu Jauh(x) = \begin{cases} 0; & x \le 18 \\ \dfrac{x-18}{200-18}; & 18 < x \le 200 \\ 1; & x \ge 200 \end{cases}$$

2. Variabel Kondisi Jalan
   Variabel kondisi jalan diperoleh dari pendeteksian sensor 2 (dua). Pada variebel ini dibentuk dua himpunan fuzzy, yaitu dekat dan jauh. Untuk merepresentasikan variabel kondisi dibentuk kurva segitiga untuk himpunan fuzzy dekat dan kurva segitiga untuk himpunan fuzzy jauh. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 9 di bawah ini.



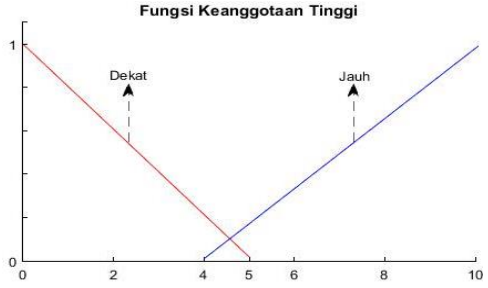
Gambar 9 Fungsi Keanggotaan Kondisi Jalan

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu Dekat(x) = \begin{cases} 1; & x \le 0 \\ \dfrac{5-x}{5-0}; & 0 < x \le 5 \\ 0; & x \ge 5 \end{cases}$$

$$\mu Jauh(x) = \begin{cases} 0; & x \le 4 \\ \dfrac{x-4}{10-4}; & 4 < x \le 10 \\ 1; & x \ge 10 \end{cases}$$

3. Variabel Tinggi
   Variabel tinggi diperoleh dari pendeteksian sensor 3 (tiga). Pada variebel ini dibentuk dua himpunan fuzzy, yaitu dekat dan jauh. Untuk merepresentasikan variabel kondisi jalan dibentuk kurva segitiga untuk himpunan fuzzy dekat dan kurva segitiga untuk himpunan fuzzy jauh. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 10 Fungsi Keanggotaan Tinggi

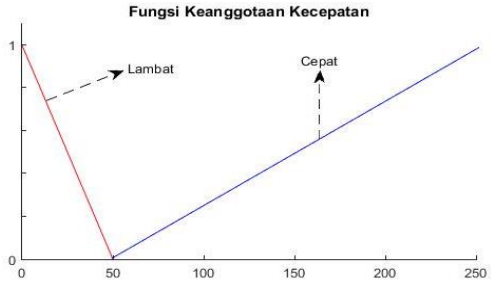
Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu Dekat(x) = \begin{cases} 1; x \leq 0 \\ \frac{5-x}{5-0}; 0 < x \leq 5 \\ 0; \quad x \geq 5 \end{cases}$$

$$\mu Jauh(x) = \begin{cases} 0; x \leq 4 \\ \frac{x-4}{10-4}; 4 < x \leq 10 \\ 1; \quad x \geq 10 \end{cases}$$

4. Variabel Kecepatan

Variabel kecepatan merupakan variebel output, pada variabel kecepatan dibentuk dua himpunan fuzzy, yaitu lambat dan cepat. Untuk merepresentasikan variabel kecepatan dibentuk kurva segitiga untuk himpunan fuzzy lambat dan kurva segitiga untuk himpunan fuzzy cepat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11 Fungsi Kenaggotaan Kecepatan

$$\mu Dekat(x) = \begin{cases} 1; x \leq 0 \\ \frac{50-x}{50-0}; 0 < x \leq 50 \\ 1; \quad x \geq 50 \end{cases}$$

$$\mu Cepat(x) = \begin{cases} 0; x \leq 45 \\ \frac{x-50}{250-50}; 45 < x \leq 250 \\ 1; \quad x \geq 250 \end{cases}$$

Sedangkan untuk rule fuzzy diperoleh dengan cara mengukur dan melakukan percobaan pada sistem pengendalian ini. Rule pada sistem pengendalian autonomous ini sebanyak 8 rule.

Tabel 3 Pembentukan Aturan

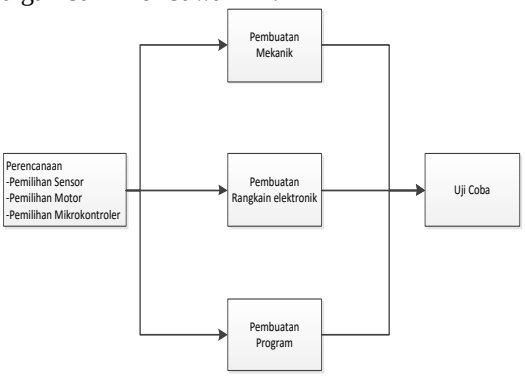
NO	IF	Jarak Depan, samping kanan dan samping kiri	AND	Kondisi jalan	AND	Tinggi	THEN	Kecepatan
1	IF	Dekat	AND	Dekat	AND	Dekat	THEN	Lambat
2	IF	Dekat	AND	Dekat	AND	Jauh	THEN	Lambat
3	IF	Dekat	AND	Jauh	AND	Dekat	THEN	Lambat
4	IF	Dekat	AND	Jauh	AND	Jauh	THEN	Lambat
5	IF	Jauh	AND	Dekat	AND	Dekat	THEN	Lambat
6	IF	Jauh	AND	Dekat	AND	Jauh	THEN	Cepat
7	IF	Jauh	AND	Jauh	AND	Dekat	THEN	Lambat
8	IF	Jauh	AND	Jauh	AND	Jauh	THEN	Lambat

2.4 Analisis Algoritma *Fuzzy Logic*

Proses pada algoritma *fuzzy logic* yang digunakan pertama kali dilakukan robot mobile beroda adalah *start* dimana akan menjadi masukan terhadap robot mobile. Robot mobile akan menjalankan perintah sesuai masukan *user* untuk sistem pengendaliannya. Untuk pengendalian *autonomous*, pengendalian ini menggunakan metode *fuzzy logic*. *Fuzzy logic* berfungsi untuk memberi perintah kepada motor DC untuk melakukan putaran sesuai dengan halangan yang tedeteksi di antanya untuk melakukan pergerakan kepada setiap masing-masing motor DC untuk maju, mundur dan diam.

2.5 Perancangan Robot

Berikut tahapan pembuatan robot autonomous pada gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11 Tahapan Perancangan Robot

Ada tiga tahapan perancangan robot, yaitu :

1. Tahap perencanaan

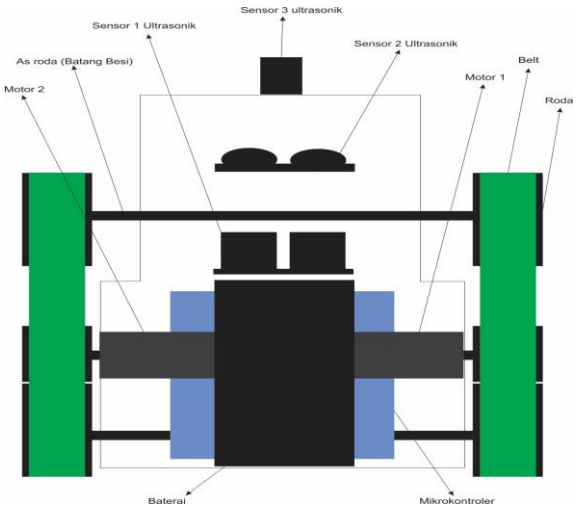
   Dalam tahap ini merencanakan robot yang akan dibuat dan ada beberapa hal yang harus ditentukan dalam tahap ini. Diataranya dimensi, sktruktur material, sensor-sensor yang digunakan, metode pengontrolan
2. Tahap pembuatan

   Dalam tahap ini meliputi pembuatan mekanik robot, pemilihan komponen elekrronika dan pembuatan program.

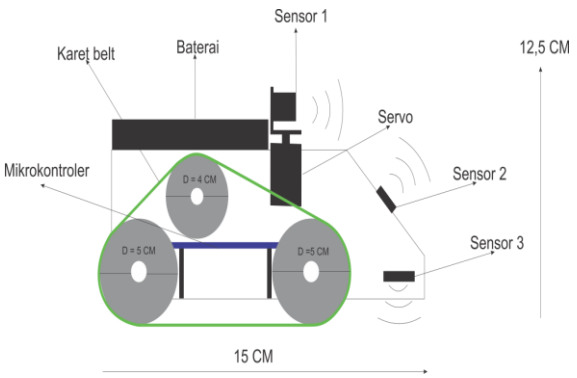
3. Tahap pengujian
   Pada tahap ini perangkat elektronik yang telah disusun dan telah diprogram akan dilakukan pengujian terhadap robot yang telah dibangun.

2.5.1 Perancangan Mekanik Robot

Model robot yang dirancang memiliki 3 buah sensor ultrasonik, 2 buah motor DC, 1 mikrokontroler Arduino Romeo, 6 roda dan Belt Sebagai penopang roda robot mobile. Sensor 1 untuk mendeteksi halangan depan, samping kanan dan samping kiri diletakan hampir ditengah badan robot diatas servo dikarenakan agar mendapatkan sudut 180° untuk pendeteksian depan, kiri dan kanan. Sensor 3 diletakan dibagian depan badan robot bertujuan untuk mendeteksi halangan kondisi jalan agar robot dapat mennghindar sebelum melewati jalan berlubang. Sensor 2 diletakan dibagian tengah digunakan sebagai pendeteksi halangan tinggi. Motor DC 1 diletakan pada bagian belakang kanan roda robot mobile. Motor DC 2 diletakan pada bagian belakang kiri roda robot mobile. Arduino diletakan pada bagian tengah badan robot mobile.



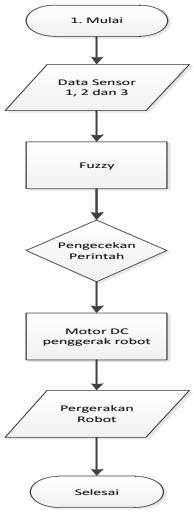
Gambar 12 Perancangan Mekanik Tampak Atas



Gambar 13 Perancangan Mekanik Tampak Kanan

2.6 Flowchart Robot

Flowchart sistem pengendalian robot mobile merupakan bagan-bagan yang menggambarkan langkah-langkah penyelesaian suatu masalah. Berikut pada gambar 14 dibawah ini *flowchart* cara kerja sistem yang akan dibangun.



Gambar 14 *Flowchart* Robot

2.7 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan robot dari hasil pendeteksian halangan. Berikut pada tabel 4 hasil percobaan dari tanggal 13 Februari sampai dengan 18 Februari 2016.

Tabel 4 Hasil Percobaan Robot

No	Tanggal	Jumlah Percobaan	Jumlah Berhasil	Jumlah Gagal
1	13/02/2016	100	98	2
2	14/02/2016	100	100	0
3	15/02/2016	100	100	0
4	16/02/2016	100	100	0
5	17/02/2016	100	96	4
Rata-Rata			$\frac{494}{500}\ x\ 100\% = 98{,}8\%$	

Rata-rata keberhasilan sudah mencapai tingkat keberhasilan sebesar 98,89% seperti yang ditunjukan pada tabel 4. Kegagalan terjadi dikarenakan tingkat kapasitas baterai yang sudah tidak optimal (habis).

3 PENUTUP

3.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil peneltian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Robot mobile yang dibangun dapat mendeteksi setiap halangan dari ketiga variable (jarak sekeliling, kondisi jalan dan tinggi).
2. Robot mobile yang dibangun dapat berfungsi dengan baik terhadap setiap halangan yang terdeteksi dengan aturan yang telah dibuat.
3. Percobaan robot yang sudah dilakukan robot dapat mendeteksi setiap halangan denga tinggkat keberhasilan 98,8%.

3.2 Saran

Hasil dari penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam proses perancangan untuk menghasilkan robot penghindar halangan. Berikut beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai pertimbangan untuk melanjutkan penelitian robot penghindar halangan, diantaranya :

1. Menggunakan sensor lebih banyak sensor agar robot dapat lebih responsif terhadap setiap halangan yang dihadapi.
2. Menggabungkan dua mikrokontroler (pararel). Satu mikrokontroler untuk pengaturan motor DC dan satu mikrokontroler untuk pengaturan sensor sehingga robot dapat lebih responsif terhadap setiap gerakan.
3. Menggunakan bahan kerangka robot yang lebih ringan, kuat dan tahan air dibandingkan dengan bahan yang penulis gunakan dengan tujuan agar robot dapat digunakan di wilayah atau lintasan yang mengandung air.
4. Pemilihan motor penggerak robot dengan torsi yang lebih besar agar motor tersebut membuat manuver robot lebih mudah.
5. Mobile robot dapat dikembangkan dengan menambahkan *gripper* agar robot mobile dapat menghindar dari halangan menyerupai pohon dengan mengakat halangan tersebut tanpa harus menghidar dari halangan.

BIBLIOGRAPHY

[1] Syamsul Syam, 2011. *"Perancangan Robot Line Follower Menggunakan Omniwheel Berbasis Mikrokontroler BS2P40"*. Skripsi, Bandung : Jurusan Teknik Komputer Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia.

[2] Wahyu Eko Prasetyo, 2010. *"Perancangan Dan Implementasi Robot Cerdas Pemadam Api Senior Beroda DU114-V10 (Dirancang Untuk Pertandingan KRCI 2010)"*. Skripsi, Bandung : Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia.

[3] Aris Munandar, 2015. "*Sistem Pengereman Otomatis Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler".* Skripsi, Bandung : Jurusan Teknik Komputer Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia.

[4] Widra Hardiat, 2015. *"Perancangan Dan Pembuatan Sistem Kontrol Pada Mobil Remote".* Skripsi, Bandung : Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha.

[5] Elang Derdian Marindani. *"Robot Mobile Penghindar Halangan (Avoider Mobile Robot) Berbasis Mikrokontroler AT89S51"*, Jurnal ELKHA, Volume 3, Nomor 2, Juli 2011.

[6] Haryanto, 2015. *"Implementasi Algoritma Fuzzy Logic Untuk Menetukan Tata Letak Furniture Pada Simulasi Denah Ruangan".* Skripsi, Bandung : Jurusan Teknik Informartika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia.

[7] *www.ecomputernotes.com/software-engineering/explain-prototyping-model.*

[8] Reoger S. Pressman, 2010. *"Software Engineering A Practitioner's Approach – Seven Edition"*.

[9] Deni Febriyanto Sulisthio, 2014. "*Implementasi Logika Fuzzy Untuk Menentukan Perilaku NPC Berkelompok*". Skripsi, Bandung : Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia.

[10] Meirani Fitria, 2011. *"Perancangan Prototype Robot Humanoid"*. Skripsi, Bandung : Program Studi Teknik Komputer Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia.

[11] Anton Ade Purnama, 2013. *"Perancangan Dan Implementasi Algoritma Purwarupa Robot Pembantu Penyandang Tunadaksa (DU99RWS4-V12)".* Skripsi, Bandung : Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia.

[12] Yusuf Dwikarya, 2015. *"Impelemtasi Logika Fuzzy Untuk Merepresentasikan Kematangan Masakan Pada Game Mari Memasak".* Skripsi, Bandung : Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia.