

RANCANG BANGUN *MOBILE ROBOT METAL SWEEPER***Muhammad Taufiqul Hafizh¹⁾ Susijanto Tri Rasmana²⁾ Johan Pamungkas³⁾**Program Studi/Jurusan Sistem Komputer
Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya
Jalan Raya Kedung Baruk 98 Surabaya, 60298Email : ¹⁾hafizh_bonek@yahoo.co.id ²⁾susyanto@stikom.edu ³⁾johan@stikom.edu

Taking an idea from nature and apply in a robot is a technological development in the field of robotics. As a result the robots become more efficient and easily applied in the natural environment. Has been a lot of research in robot technology, and the most popular field of robotics, there are two main categories legged and wheeled robots. Faster than a wheeled robot legged robot depends where placed, kisal on the home page (Hosea Gani Fefta 2009).

In this study, for setting the path on the mobile robot so that the mobile robot using fuzzy Sugeno, because it is a method that is flexible in the sense that can change a parameter in certain conditions and adapt to the changes that are influenced by the environment.

Results from this study, the percentage of the sweeping success of the arena by 70%, for the success of detecting metal objects with metal objects the size of 2cm x 10 cm by 80%, as well as to the success of detecting metal objects with metal objects the size of 2cm x 20cm by 100%.

Key words: Mobile Robot, Fuzzy, Metal Sweeper.

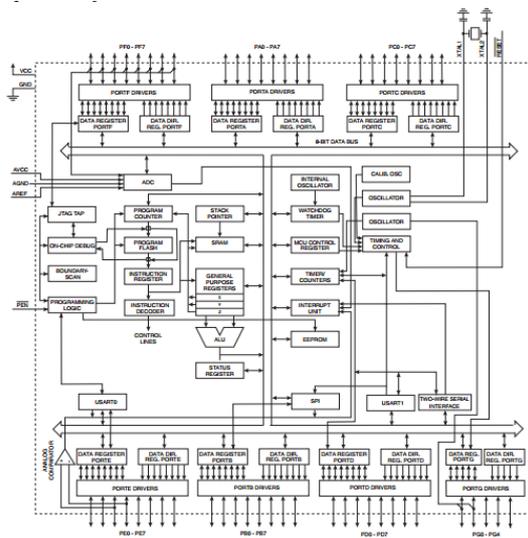
Mengambil gagasan dari sifat alami dan menerapkan di dalam suatu robot adalah suatu perkembangan teknologi dalam bidang robotika. Sebagai hasilnya robot menjadi lebih efisien dan mudah diterapkan di dalam lingkungan alam. Telah banyak riset di dalam teknologi robot, dan yang paling populer dibidang robotika ada dua kategori utama yaitu robot berkaki dan beroda. Robot beroda lebih cepat daripada robot berkaki tergantung dimana ditempatkannya, misalnya di halaman rumah (Fefta Gani Hosea 2009).

Untuk menciptakan teknologi yang dapat menggantikan manusia dalam pengoperasian robot tersebut, maka dibutuhkan pembuatan *Mobile Robot* sebagai alat untuk memudahkan manusia di suatu medan peperangan. Sehingga manusia tidak akan kesulitan jika *mobile robot* tersebut mendeteksi adanya ranjau, dan jika robot mendekati penghalang yang ada di depan robot maka robot akan menghindari dari penghalang tersebut.

Telah ada penelitian dengan topic sama, yaitu "Robot Ular Pendeteksi Logam Berbasis Mikrokontroler" dimana robot yang berbentuk ular tersebut mendeteksi Logam serta menghindari jika ada halangan di depan robot, sehingga robot tersebut tidak sampai menabrak halangan tersebut. Dalam proses pergerakannya, robot harus dapat mendeteksi adanya beberapa halangan dan menghindari halangan tersebut. Kecerdasan yang ditanamkan pada robot harus dapat memilih jalur mana yang akan ditempuh agar robot tidak mengalami benturan (Faikul 2013). Kelemahan *mobile robot* sensor ultrasonic pada robot ular tidak dapat mendeteksi adanya halangan lebih dari satu, serta *mobile robot* tersebut bergerak bebas, jika adanya halangan di depan robot tersebut, maka dia akan berbelok arah dan tidak bisa kembali ke posisi awal pada saat robot berjalan sehingga robot berjalan secara acak.

Microcontroller ATmega 128

Microcontroller ATmega 128 merupakan *microcontroller* keluarga AVR yang mempunyai kapasitas flash memori 128KB. AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Secara umum, AVR dapat terbagi menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga AT-Mega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral*, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, bisa dikatakan hampir sama. Semua jenis AVR dilengkapi dengan *flash* memori sebagai memori program. Kapasitas dari *flash* memori ini berbeda antara *chip* yang satu dengan *chip* yang lain, tergantung dari jenis IC yang digunakan. Untuk *flash* memori yang paling kecil adalah 1 kbytes (ATtiny11, ATtiny12, dan ATtiny15) dan paling besar adalah 128 kbytes (AT-Mega128).



Gambar 1. Block Diagram ATMEGA128
Dagu Rover 5 4WD

Rover 5 adalah generasi baru *chassis* robot yang dirancang khusus untuk kepentingan penelitian dan hobi. Tidak seperti *chassis* yang konvensional, sudut kaki-kaki dapat disesuaikan dengan memutar *gearbox* secara bertahap yang

mempunyai 5 tingkatan. Elastisitas pada tapak karet mempertahankan ketegangan pada saat sudut kaki dinaikkan.

Motor DC

Motor DC merupakan motor arus searah yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah (lisrik DC) menjadi tenaga gerak atau mekanik (Sumanto, 1984). Motor DC banyak ditemukan pada peralatan rumah tangga seperti mixer, blender, pemutar tape,dll. Selain itu motor DC juga digunakan dalam industri misalkan untuk mengaduk adonan, memutar konveyor, dll.

Pulse Width Modulation (PWM)

Metode Pulse Width Modulation (PWM) adalah metode yang cukup efektif untuk mengendalikan kecepatan motor DC. PWM ini bekerja dengan cara membuat gelombang persegi yang memiliki perbandingan pulsa high terhadap pulsa low yang telah tertentu biasanya diskalakan dari 0 hingga 100 % gelombang persegi ini memiliki frekuensi tetap (biasanya max 10 KHz) namun lebar pulsa high dan low dalam 1 periode yang akan diatur. Perbandingan pulsa high terhadap low ini akan menentukan jumlah daya yang diberikan kemotor DC. Pada gambar 2.12 kita dapat melihat bagaimana pengendalian dengan Pulse Width Modulation (PWM).

Liquid Cristal Display (LCD)

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari

back-lit. LCD (Liquid Cristal Display) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.

Sensor Ultrasonik PING Parallax

Ping))) *Ultrasonic Range Finder*, adalah modul pengukur jarak dengan ultrasonik buatan Parallax Inc. yang didesain khusus untuk teknologi robotika. Dengan ukurannya yang cukup kecil (2,1cm x 4,5cm), sensor ini dapat mengukur jarak antara 3 cm sampai 300 cm. Keluaran dari Ping))) berupa pulsa yang lebarnya merepresentasikan jarak. Lebar pulsanya bervariasi dari 115 uS sampai 18,5 mS.

EMS 2A Dual H-Bridge

Embedded Module Series (EMS) 2 A Dual H-Bridge merupakan *driver H-Bridge* yang didisain untuk menghasilkan *drive 2* arah dengan arus kontinyu sampai dengan 2A pada tegangan 4,8 Volt sampai 46 Volt. Tiap *H-Bridge* dilengkapi dengan sensor arus beban yang dapat digunakan sebagai umpan balik ke pengendali. Modul ini mampu *men-drive* beban-beban induktif seperti misalnya *relay, solenoida, motor DC, motor stepper*, dan berbagai macam beban lainnya.

Inductive Proximity Sensor

Sensor ini untuk mendeteksi adanya benda-benda metal seperti besi, plat metal, baut, mur, nocke dan sebagai pengganti *switch micro* atau yang biasa kita dengar *limit switch*.

Buzzer

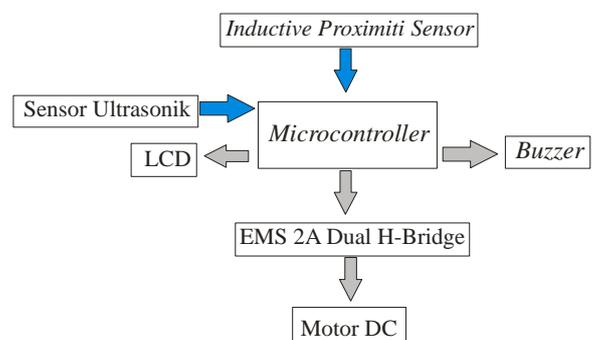
Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*.

Metode Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini yaitu akan membuat sebuah *mobile robot* yang mampu mendeteksi benda logam serta mampu menghindari halangan di depannya tanpa menabraknya. Sensor akan mendeteksi adanya logam yang tersimpan di dalam tanah meskipun hanya berjarak sekian millimeter, setelah robot mendeteksi adanya suatu logam maka *buzzer* akan menyala yang menandakan robot tersebut menemukan adanya benda logam pada arena tersebut.

Sedangkan sensor jarak akan mendeteksi suatu halangan di depannya, agar robot tersebut tidak menabrak halangan di depannya ketika robot itu berjalan mendekati halangan tersebut. Sehingga robot tersebut dapat menuju tujuan dengan cara menghindari setiap halangan yang ada di depannya.

Block Diagram



Gambar 2. Diagram blok keseluruhan dari system

Perancangan Minimum System

Pada tugas akhir ini dibuat beberapa buah pengendali menggunakan *microcontroller* keluaran pada perangkat lunak AVR, yaitu ATMega128. Untuk menjalankan *microcontroller* ini diperlukan rangkaian minimum sistem. Rangkaian minimum sistem tersebut terdiri rangkaian *reset* dan rangkaian osilator. Dalam perancangan *minimum*

system memerlukan beberapa komponen pendukung seperti kristal, resistor dan kapasitor.

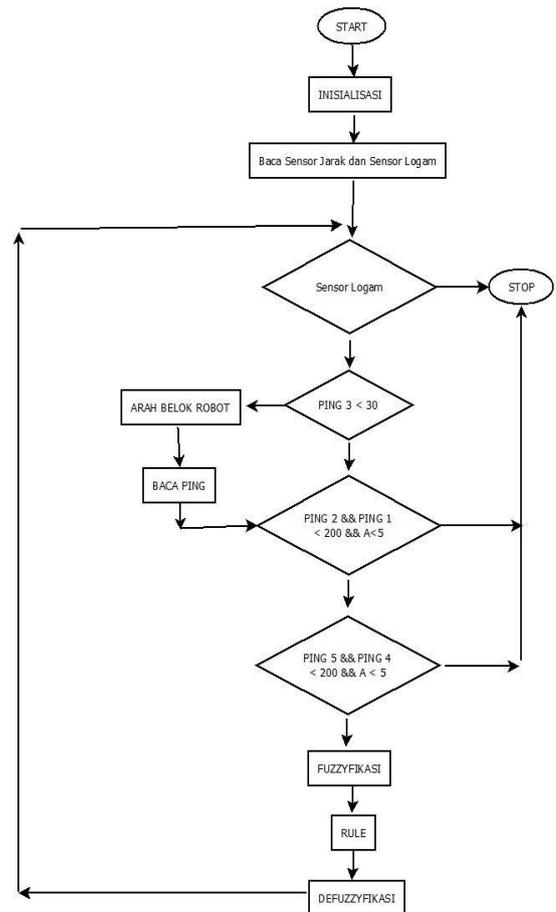
Minimum system ini dirancang untuk Microcontroller ATmega128, dalam tugas akhir ini menggunakan minimum sistem keluaran Innovative Electronics dengan tipe DT-AVR ATMEGA128 yang di dalamnya terdapat komponen pendukung. Berikut adalah konfigurasi pin I/O yang digunakan pada table 1 :

Tabel 1. Konfigurasi pin I/O pada minimum sistem

Pin I/O	Fungsi
Vcc	Power 5 volt
Port D-0 s/d D-7	LCD
Port C-0	Ping 1
Port C-1	Ping 2
Pin I/O	Fungsi
Port A-3	Ping 3
Port A-4	Ping 4
Port A-5	Ping 5
Port A-7	Buzzer
Port A-6	Sensor Proxlimiti
OCR3A & OCR3B	PWM
Port B-0 s/d B-3	Direction
Reset	Mereset Program

Perancangan Perangkat Lunak

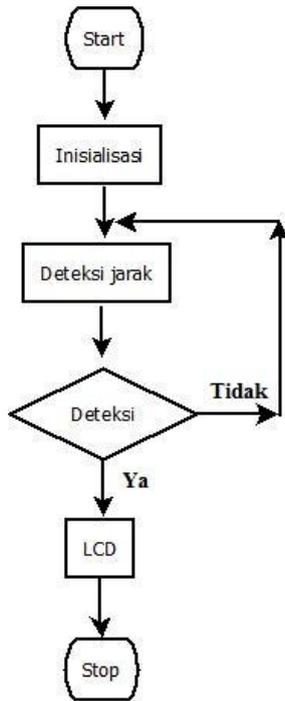
Perancangan perangkat lunak bertujuan untuk mengetahui alur mobile robot sampai mendapatkan benda logam dan sampai ke titik akhir. Perancangan perangkat lunak ini di bahas menggunakan flowchart seperti gambar 3.8



Gambar 3. Diagram alir program secara umum pada microcontroller

Program Membaca Sensor Ultrasonik dan Menampilkan Pada LCD

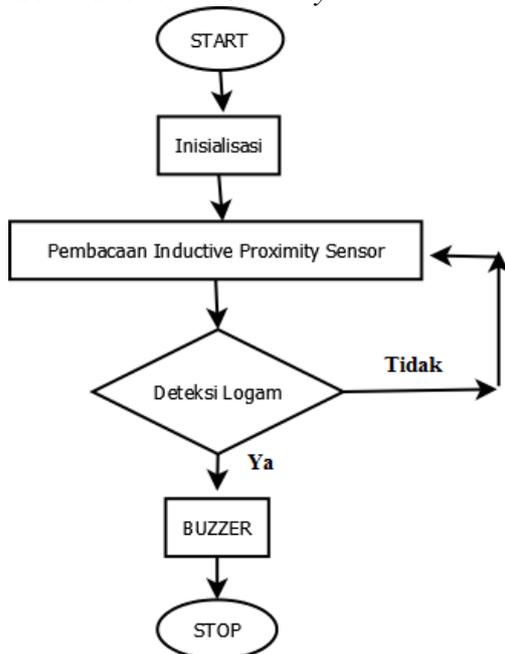
Diagram alir untuk mengetahui jarak benda terhadap mobile robot berdasarkan pembacaan sensor ultrasonik dan ditampilkan ke LCD terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir pembacaan jarak benda

Program Mendeteksi Benda Logam

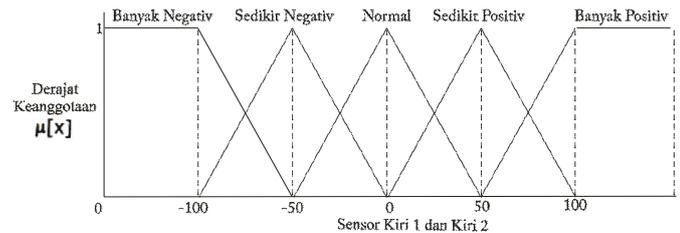
Pada pengujian untuk mendeteksi benda terdapat *flowchart* dimana *flowchart* tersebut merupakan alur dari cara sensor *Inductive Proximity* mendeteksi adanya benda logam. Dibawah ini pada gambar 5. merupakan diagram alir dari pembacaan sensor *Inductive Proximity*.



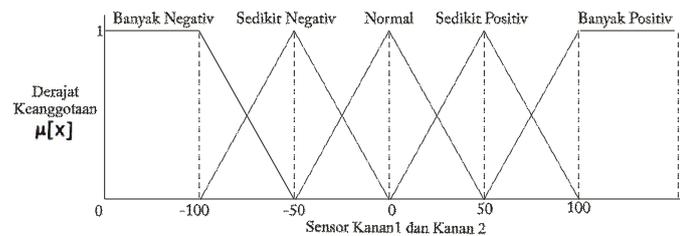
Gambar 5. Diagram alir Mendeteksi Benda Logam

Fuzzifikasi

Pada proses fuzzifikasi ini terjadi pengambilan keputusan dengan cara mengubah masukan *crisp* menjadi *fuzzy*. Perubahan *crisp* menjadi *fuzzy*.



Gambar 6. Pemetaan Keanggotaan Selisih Sensor Kiri 1 dan Sensor Kiri 2



Gambar 7. Pemetaan Keanggotaan Selisih Sensor Kanan 1 dan Sensor Kanan 2

Rule

Rule set adalah proses evaluasi derajat keanggotaan setiap fungsi himpunan *fuzzy* masukan kedalam basis aturan yang telah ditetapkan. Tujuan evaluasi *Rule* ini adalah menentukan derajat keanggotaan dari nilai *fuzzy*.

Tabel 2. Penentuan *Rule Set*

Sensor Kanan	Banyak Negativ	Sedikit Negativ	Normal	Sedikit Positiv	Banyak Positiv
Sensor Kiri					
Banyak Negativ	X	KSKL	KLKS	KLKS	KLKC
Sedikit Negativ	KSKL	KSKL	KLKS	KLKS	KLKS
Normal	KSKL	KSKL	KSKS	KLKS	KLKS

Sedikit Positiv	KSKL	KSKL	KSKL	KLKS	KLKS
Banyak Positiv	KCKL	KSKL	KSKL	KLKS	X

Dari table diatas dapat diartikan sebagai berikut :

IF Banyak Negativ AND Banyak Negativ THEN X.

IF Sedikit Negativ AND Banyak Negativ THEN KSKL.

IF Normal AND Banyak Negativ THEN KSKL.

IF Sedikit Positiv AND Banyak Negativ THEN KSKL.

IF Banyak Positiv AND Banyak Negativ THEN KCKL.

IF Banyak Negativ AND Sedikit Negativ THEN KSKL.

IF Sedikit Negativ AND Sedikit Negativ THEN KSKL.

IF Normal AND Banyak Sedikit THEN KSKL.

IF Sedikit Positiv AND Sedikit Negativ THEN KSKL.

IF Banyak Positiv AND Sedikit Negativ THEN KSKL.

IF Banyak Negativ AND Normal THEN KLKS.

IF Sedikit Negativ AND Normal THEN KLKS.

IF Normal AND Normal THEN KSKS.

IF Sedikit Positiv AND Normal THEN KSKL.

IF Banyak Positiv AND Normal THEN KSKL.

IF Banyak Negativ AND Sedikit Positiv THEN KLKS.

IF Sedikit Negativ AND Sedikit Positiv THEN KLKS.

IF Normal AND Sedikit Positiv THEN KLKS.

IF Sedikit Positiv AND Sedikit Positiv THEN KLKS.

IF Banyak Positiv AND Sedikit Positiv THEN KLKS.

IF Banyak Negativ AND Banyak Positiv THEN KLKC.

IF Sedikit Negativ AND Banyak Positiv THEN KLKS.

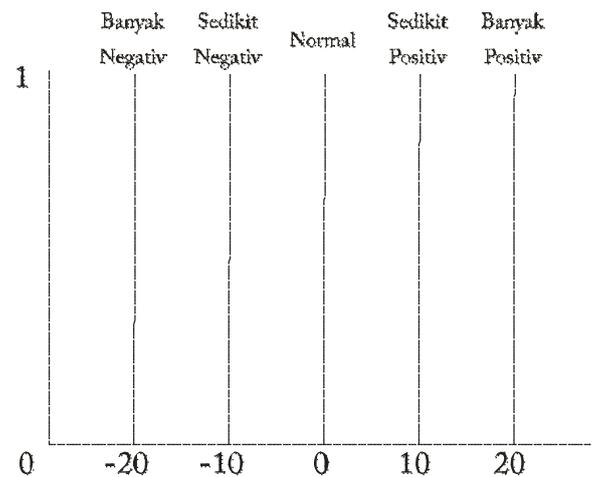
IF Normal AND Banyak Positiv THEN KLKS.

IF Sedikit Positiv AND Banyak Positiv THEN KLKS.

IF Banyak Positiv AND Banyak Positiv THEN X.

Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah mengubah himpunan *fuzzy* keluaran menjadi keluaran tegas (*crisp*). Perubahan ini diperlukan karena konstanta kendali *fuzzy* hanya bernilai tegas sebagai variabel kontrol.



Gambar 8. Fungsi Keanggotaan

Hasil Pengujian Pengujian Sensor ultrasonic

Pengujian dilakukan dengan menggunakan penggaris sebagai alat ukur antara sensor ultrasonik dan benda atau halangan dan hasil dari pengukuran tersebut akan ditampilkan pada LCD 16x 2, berikut ini adalah tabel - tabel hasil pengukuran sensor ultrasonik dan nilai *error* sensor ultrasonik.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Kiri 1

SENSOR KIRI 1			
Ukur Ke-	Jarak Terdeteksi Sensor Kiri 1 (cm)	Jarak Sebenarnya(cm)	Error
1	50	50.2	0.2
2	17	15.6	1.4
3	25	23.6	1.4
4	32	30	2
5	73	72	1
6	87	85.5	1.5
7	116	115	1

8	124	123	1
9	138	137	1
10	150	148.5	1.5
11	160	159	1
12	176	173.6	2.4
13	133	131.5	1.5
14	123	121	2
15	42	41	1
16	56	55	1
17	48	47	1
18	65	64	1
19	77	76.5	0.5
20	85	84	1
21	91	89	2
22	96	84.5	1.5
23	107	105.5	1.5
24	6	6	0
25	15	14.3	0.7
26	24	22.4	1.6
27	31	29.9	1.1
28	34	33.5	0.5
29	49	47.5	1.5
30	16	14.9	1.1
Rata-Rata Error			1.196666667

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Kiri 2

SENSOR Kiri 2			
Ukur Ke-	Jarak Terdeteksi Sensor Kiri 2 (cm)	Jarak Sebenarnya(cm)	Error
1	50	50,2	0.2
2	16	15,6	0.4
3	25	23,6	1.4
4	33	30	2
5	73	72	1
6	86	85.5	0.5
7	116	115	1
8	124	123	1
9	138	137	1
10	150	148.5	1.5
11	161	159	2
12	176	173.6	2.4
13	133	131.5	1.5
14	123	121	2
15	42	41	1
16	57	55	2
17	48	47	1

18	65	64	1
19	78	76.5	1.5
20	85	84	1
21	90	89	1
22	96	84.5	1.5
23	108	105.5	2.5
24	6	6	0
25	16	14.3	1.7
26	23	22.4	0.6
27	32	29.9	2.1
28	35	33.5	1.5
29	49	47.5	1.5
30	16	14.9	1.1
Rata-Rata Error			1.296666667

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor Depan

SENSOR DEPAN			
Ukur Ke-	Jarak Terdeteksi Sensor Depan (cm)	Jarak Sebenarnya(cm)	Error
1	5	5.3	0.3
2	12	11.7	0.3
3	19	18.8	0.2

SENSOR DEPAN			
Ukur Ke-	Jarak Terdeteksi Sensor Depan (cm)	Jarak Sebenarnya(cm)	Error
4	23	22.8	0.2
5	34	33	1
6	41	41.8	0.2
7	47	47.2	0.2
8	55	55.8	0.8
9	64	63.4	0.6
10	75	74	1
11	85	84.4	0.6
12	92	90.6	1.4
13	97	95.1	1.9
14	102	100.2	1.8
15	108	106.5	1.5
16	113	111	2
17	22	19.5	2.5
18	14	12	2
19	10	9	1
20	16	14.4	1.6
21	26	24	2

22	121	119	2
23	124	122	2
24	127	125.5	1.5
25	131	128.5	2.5
26	15	14.5	0.5
27	136	134.2	1.8
28	141	139.5	1.5
29	22	20	2
30	176	173.5	2.5
Rata-Rata Error			1.3133333

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor Kanan 1

SENSOR KANAN 1			
Ukur Ke-	Jarak Terdeteksi Sensor Kanan 1 (cm)	Jarak Sebenarnya(cm)	Error
1	4	4.3	0.3
2	10	9.3	0.7
3	17	16.5	0.5
4	28	28.5	0.2
5	38	37.5	0.5
6	47	47.2	0.2
7	54	54.5	0.5
8	63	62.2	0.8
SENSOR KANAN 1			
Ukur Ke-	Jarak Terdeteksi Sensor Kanan 1 (cm)	Jarak Sebenarnya(cm)	Error
9	71	70.3	1.7
10	79	77.5	1.5
11	86	85.3	0.7
12	95	94.6	0.4
13	101	99.6	1.4
14	107	105.6	1.4
15	34	31.5	2.5
16	120	118.8	1.2
17	128	126.7	1.3
18	11	10	1
19	132	130.2	1.8
20	136	135.2	0.8
21	16	14.8	1.2
22	28	27.1	0.9
23	149	147.1	1.9
24	180	178.6	1.4
25	175	174.6	0.4
26	162	160.8	1.2
27	151	149.8	1.2

28	133	131.6	1.4
29	10	8.8	1.2
30	129	128.6	0.4
Rata-Rata Error			1.02

Tabel 7. Hasil Pengujian Sensor Kanan 2

SENSOR KANAN 2			
Ukur Ke-	Jarak Terdeteksi Sensor Kanan 2 (cm)	Jarak Sebenarnya(cm)	Error
1	4	4.3	0.3
2	9	9.3	0.3
3	17	16.5	0.5
4	28	28.5	0.2
5	38	37.5	0.5
6	47	47.2	0.2
7	54	54.5	0.5
8	63	62.2	0.8
9	72	70.3	1.7
10	79	77.5	1.5
11	87	85.3	1.7
12	96	94.6	1.4
SENSOR KANAN 2			
Ukur Ke-	Jarak Terdeteksi Sensor Kanan 2 (cm)	Jarak Sebenarnya(cm)	Error
13	101	99.6	1.4
14	107	105.6	1.4
15	35	31.5	3.5
16	120	118.8	1.2
17	128	126.7	1.3
18	11	10	1
19	132	130.2	1.8
20	136	135.2	0.8
21	16	14.8	1.2
22	29	27.1	1.9
23	149	147.1	1.9
24	180	178.6	1.4
25	175	174.6	0.4
26	162	160.8	1.2
27	151	149.8	1.2
28	134	131.6	2.4
29	9	8.8	0.2
30	129	128.6	0.4
Rata-Rata Error			1.14

Pengujian Inductive Proximity Sensor

Pengujian *Inductive Proximity Sensor* pada *mobile robot* terhadap berapa kedalaman tanah untuk mendeteksi benda logam.

Tabel 8. Hasil Pengujian *Inductive Proximity Sensor*

No.	Kedalaman (mm)	Sensor Aktif	Jarak Sensor ke Logam(mm)
1	1 mm	Aktif	3
2	2 mm	Aktif	4
3	3 mm	Aktif	5
4	4 mm	Aktif	6
5	5 mm	Aktif	7
6	6 mm	Aktif	8
7	7 mm	Aktif	9
8	8 mm	Aktif	10
9	9 mm	Tidak Aktif	11
10	10 mm	Tidak Aktif	12
No.	Kedalaman (mm)	Sensor Aktif	Jarak Sensor ke Logam(mm)
11	11 mm	Tidak Aktif	13
12	12 mm	Tidak Aktif	14
13	13 mm	Tidak Aktif	15
14	14 mm	Tidak Aktif	16
15	15 mm	Tidak Aktif	17
16	16 mm	Tidak Aktif	18
17	17 mm	Tidak Aktif	19
18	18 mm	Tidak Aktif	20
19	19 mm	Tidak Aktif	21
20	20 mm	Tidak Aktif	22
21	21 mm	Tidak Aktif	23
22	22 mm	Tidak Aktif	24
23	23 mm	Tidak Aktif	25
24	24 mm	Tidak Aktif	26
25	25 mm	Tidak Aktif	27
26	26 mm	Tidak Aktif	28
27	27 mm	Tidak Aktif	29
28	28 mm	Tidak Aktif	30
29	29 mm	Tidak Aktif	31
30	30 mm	Tidak Aktif	32

Dapat disimpulkan bahwa dengan adanya halangan tanah maka *Inductive Proximity Sensor* tetap bekerja dengan baik. Hasil uji coba menghitung jarak

dengan menggunakan *Inductive Proximity Sensor* ini sesuai dengan menghitung jarak secara manual.

Pengujian Fuzzy

Sensor ultrasonik dapat bekerja sesuai dengan fungsinya, hal ini ditunjukkan dengan adanya perubahan nilai terhadap halangan di samping ultrasonik. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengubah posisi halangan sensor kiri 1, sensor kiri 2, sensor kanan 1 dan sensor kanan 2. Serta menghasilkan jarak antara benda dan sensor dalam satuan *centimeter*, sehingga menghasilkan kecepatan *motor dc* kanan dan kecepatan *motor dc* kiri.

Tabel 9. Hasil Pengujian *Fuzzy*

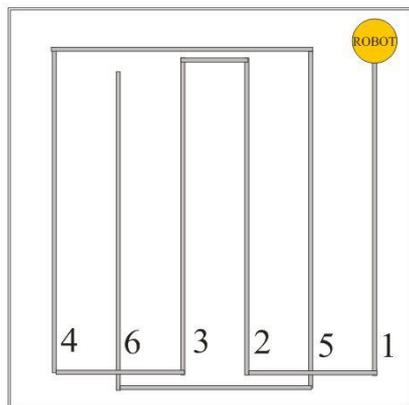
No.	Selisih Sensor Kiri	Selisih Sensor Kanan	Hasil Hitung	Hasil Hitung Manual	Error
1	0	0	0	0	0
2	1	-1	4.9	4.9	0
3	-1	1	-4.9	-4.9	0
4	-5	5	-3.5	-3.5	0
5	-2	2	-4.76	-4.76	0
6	2	-2	4.76	4.76	0
7	-10	10	-4.46	-4.46	0
8	12	-12	-1.4	-1.4	0
9	10	-10	4.46	4.46	0
10	3	-3	-5.3	-5.3	0
11	5	-5	3.5	3.5	0
12	-6	6	5.6	5.6	0
13	2	-2	4.76	4.76	0
14	14	-14	-6.4	-6.4	0
15	12	-12	-1.4	-1.4	0
16	1	-1	4.9	4.9	0
17	6	-6	-5.6	-5.6	0
18	12	-12	-1.4	-1.4	0
19	-1	1	-4.9	-4.9	0
20	-2	2	-4.76	-4.76	0
21	-8	6	-2.8	-2.8	0
22	-14	14	6.4	6.4	0
23	1	-1	4.9	4.9	0
24	-2	2	-4.76	-4.76	0
25	1	-1	4.9	4.9	0
26	3	-3	-5.3	-5.3	0

27	-3	3	5.3	5.3	0
28	8	-6	2.8	2.8	0
29	-8	6	-2.8	-2.8	0
30	2	-2	4.76	4.76	0
Rata-Rata Error					0

Dari hasil pengujian selisih sensor kiri dan selisih sensor kanan didapatkan hasil kecepatan *motor dc* untuk pergerakan hingga batas arena. Dari hasil kecepatan *motor dc* yang dihasilkan dapat diketahui tingkat kesesuaian pada kecepatan *motor dc* Kiri dan *motor dc* kanan sehingga bisa menstabilkan gerak *mobile robot* agar tidak terlalu dekat dengan dinding pembatas arena sehingga *mobile robot* dapat menjauh dari dinding pembatas arena. Didapatkan rata-rata error 0%.

Pengujian Keseluruhan Sistem Navigasi Pada Arena

Pengujian keseluruhan sistem pada arena beberapa pengujian jalan lurus, belok kanan maupun kiri serta meluruskan dinding saat *mobile robot* berbelok arah. Kemudian *mobile robot* akan melakukan pergerakan lurus hingga batas pada arena, kemudian *mobile robot* berbelok arah kanan atau berbelok arah ke kiri sesuai perintah pada program tersebut. Sehingga peneliti dapat mengetahui waktu tempuh *mobile robot* di arena tersebut.



Gambar 9. Gambar jalur jalan pada *mobile robot*

Tabel 10. Hasil Pengujian ke-1 navigasi *mobile robot*

Percobaan Ke-	Berhasil / Gagal	Gagal di Jalur Ke-	Waktu Tempuh (d.md)
---------------	------------------	--------------------	---------------------

1	Berhasil	-	230.81
2	Berhasil	-	278.43
3	Gagal	5	170.88
4	Berhasil	-	263.29
5	Gagal	6	258.91
6	Berhasil	-	294.03
7	Berhasil	-	249.61
8	Gagal	4	139.23
9	Berhasil	-	288.62
10	Berhasil	-	264.09
Rata-Rata Total Waktu Tempuh			243.79

Pengujian Keseluruhan Sistem Navigasi Deteksi Benda Logam Pada Arena

Pengujian keseluruhan sistem navigasi deteksi benda logam pada arena beberapa pengujian jalan lurus, belok kanan maupun kiri serta meluruskan dinding saat *mobile robot* berbelok arah. Kemudian *mobile robot* akan melakukan pergerakan lurus hingga batas pada arena, kemudian *mobile robot* berbelok arah kanan atau berbelok arah ke kiri sesuai perintah pada program tersebut. Sehingga peneliti dapat mengetahui waktu tempuh pada *mobile robot* hingga *mobile robot* tersebut mendeteksi adanya benda logam di arena tersebut.

Tabel 11. Hasil Pengujian ke-1 navigasi dan deteksi benda logam *mobile robot*

Percobaan Ke-	Ukuran Benda Logam (cm)	Letak Benda Logam Jalur Ke-	Waktu Deteksi Benda Logam (d.md)	Keterangan Deteksi
1	10 x 2	3	89.02	Deteksi Berhasil
2	10 x 2	4	137.28	Deteksi Berhasil
3	10 x 2	2	49.57	Deteksi Berhasil
4	10 x 2	1	214.99	Deteksi Gagal
5	10 x 2	3	91.56	Deteksi Berhasil
6	10 x 2	6	227.13	Deteksi Berhasil
7	10 x 2	3	230.51	Deteksi Gagal
8	10 x 2	2	49.81	Deteksi Berhasil
9	10 x 2	3	99.37	Deteksi Berhasil
10	10 x 2	4	142.81	Deteksi Berhasil
11	20 x 2	5	175.82	Deteksi Berhasil
12	20 x 2	3	87.2	Deteksi Berhasil
13	20 x 2	2	71.2	Deteksi Berhasil

14	20 x 2	4	135.4	Deteksi Berhasil
15	20 x 2	5	182.93	Deteksi Berhasil
16	20 x 2	6	219.23	Deteksi Berhasil
17	20 x 2	1	3.57	Deteksi Berhasil
18	20 x 2	4	136.4	Deteksi Berhasil
19	20 x 2	3	122.92	Deteksi Berhasil
20	20 x 2	2	50.03	Deteksi Berhasil
Rata - rata <i>mobile robot</i> deteksi benda logam (d.md)			125.83	

Ket : d = detik, md = mili detik.

Berdasarkan Tabel 12 dapat disimpulkan bahwa *mobile robot* dapat mendeteksi adanya benda logam dengan total waktu tempuh 125.83 detik. Setelah *mobile robot* mendeteksi adanya benda logam maka *mobile robot* akan berhenti.

Penutup

Berdasarkan pengujian maka dapat mengambil beberapa kesimpulan dan saran dari hasil yang diperoleh.

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil evaluasi dan pengujian yang sudah dilakukan dalam Rancang Bangun *Mobile Robot Metal Sweeper* sehingga dapat dibuat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Peneliti dapat merancang sistem pengendali robot agar *mobile robot* tetap berada dalam jalur menggunakan *fuzzy logic* dimana *mobile robot* tersebut berjalan, sehingga *mobile robot* berjalan secara beraturan.
2. Dari hasil pengujian keseluruhan menggunakan metode *fuzzy* didapatkan rata-rata error sensor kiri 1 sebesar 1.19, sensor kiri 2 sebesar 1.29, sensor kanan 1 sebesar 1.02, sensor kanan 2 sebesar 1.14

Saran

Agar pada penelitian selanjutnya sistem ini dapat dikembangkan lebih baik lagi, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Untuk kedepannya sistem *obstacle avoidance* bisa dibekali kamera agar dapat melakukan penghindar halangan dengan pengolahan citra agar robot dapat menghindari halangan atau objek lebih luas dan dapat mendeteksi objek lebih banyak meskipun halangan berada ditinggian yang berbeda – beda.
2. Untuk sensor deteksi jarak diharapkan bisa mendeteksi jarak di atas 300 cm serta sensor jarak diharapkan keakuratan untuk membaca sensor jarak tersebut.
3. *Mobile robot* ini dapat dikembangkan dari sisi algoritma jalan menelusuri arena tersebut.
4. Untuk *Inductive Proximity Sensor* diharapkan untuk jarak deteksinya minimal 2cm dari tanah, dikarenakan benda logam biasanya terdapat lebih dari jarak 2cm dari permukaan tanah.
5. Jumlah sensor logam ditambah supaya arena yang digunakan oleh *mobile robot* dapat mendeteksi adanya benda logam di setiap jalur

DAFTAR PUSTAKA

- Sanjaya, M. (2013, maret 17). robot penghindar halangan sensor ultrasonic ping))) (avoider) RA01. Retrieved from profesor bolabot:
- ATMEL Corporation. 2005, ATmega128, (Online). (<http://www.atmel.com> , diakses 01 juli 2015).
- Sumanto. (1994). *Mesin Arus Searah*. Jogjakarta: Penerbit ANDI OFFSET
- Winoto, Ardi. (2008). Mikrokontroler AVR ATMEGA8/16/32/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR. Informatika. Bandung.
- Electronics, R. (2010, mei 4). EMS 2A Dual H-Bridge. Diambil kembali dari <http://www.innovativeelectronics.co>

[m/http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/EMS_2A_DHBridge.pdf](http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/EMS_2A_DHBridge.pdf)

Suparno, Aditya Prima. 2014. *Simulasi Trajectory Planning Dan Pembentukan Formasi Pada Robot Obstacle Avoidance*. STMIK STIKOM Surabaya: Surabaya.

Wardana, Galih Kusuma. 2014. *Rancang Bangun Sistem Navigasi Pada Differential Steering Mobile Robot*. STMIK STIKOM Surabaya: Surabaya.

Hosea, Jefta Gani. 2009. *Robot ular pendeteksi logam berbasis mikrokontroller*. Seminar Nasional Teknologi Informasi. FTI Tarumanegara. Jakarta.

Djati, Dmin. 2010. *Motor DC*. (Online). (<http://d-kecil.blogspot.com>). Diakses tanggal 20 Agustus 2015.