

KONTROL KECEPATAN ROBOT HEXAPOD PEMADAM API MENGUNAKAN METODA LOGIKA FUZZY

Darwison dan Rian Wahyudi

Laboratorium Elektronika Industri Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas

ABSTRAK—Penelitian ini bertujuan membuat kontrol kecepatan robot *hexapod* pemadam api menggunakan metoda logika fuzzy. Dengan menerapkan metoda logika fuzzy akan membuat pergerakan robot lebih halus dan sebanding dengan jaraknya. Input dari metoda Logika fuzzy didapatkan dari tiga sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak terhadap dinding/penghalang. Robot *hexapod* menggunakan servomotor dengan torgue yang cukup besar untuk melakukan pergerakan. Kecepatan robot akan lebih cepat jika tujuan pergerakan robot masih jauh dari dinding/penghalang dan sebaliknya. Mikrokontroler dengan program berbasis fuzzy logic-nya digunakan sebagai pengontrol pergerakan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pergerakan lebih halus berdasarkan jarak yang terbaca oleh sensor, dimana sensor mengalami kesalahan pengukuran jarak yang dipengaruhi oleh bahan dinding/penghalang. Untuk bahan dinding/penghalang dari papan mengalami kesalahan pembacaan sebesar 0,18%, buku sebesar 0,5% dan boneka sebesar 1,58%.

Kata Kunci : robot hexapod, logika fuzzy, dan kontrol kecepatan

ABSTRACT—This study aims to create a hexapod robot speed control fire extinguisher using fuzzy logic method . By applying the method of fuzzy logic will make the robot move smoother and comparable to the distance . The input of the fuzzy logic method is obtained from three ultrasonic sensors as detection distance to the wall / barrier . Hexapod robot using a servomotor with torque large enough to perform the movement . Robot speed will be faster if the purpose of the movement of the robot is still far from the wall / barrier and vice versa . Microcontroller with fuzzy logic -based program of its use as a controller movement . The results showed that more refined movement based on the distance read by the sensor , where the sensor is experiencing an error distance measurement is influenced by the material wall / barrier . For the wall material / to obstacle of the board experienced a reading error of 0.18 % , amounting to 0.5 % of books and dolls of 1.58 % .

Keywords: hexapod robot, fuzzy logic, and speed control

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Agar robot dapat memberikan nilai ekonomis yang tinggi maka ia harus didisain untuk suatu tujuan tertentu (*special purpose*)(W. Budiharto, 2006)^[1]. *Mobile robot* (robot mobil) adalah konstruksi robot yang ciri khasnya adalah mempunyai aktuator berupa roda atau kaki untuk menggerakkan keseluruhan badan robot, sehingga robot tersebut dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lain(Darwison, 2009)^[2,1] dan ((Darwison, 2011)^[3,1]. Salah satunya yaitu Robot *hexapod* (Robot berkaki) merupakan robot yang cukup kompleks dalam perancangan dan pembuatannya, karena perlu mempertimbangkan beberapa faktor, diantaranya keseimbangan dan kecepatan (S. Halim, 2007)^[4]. Untuk melakukan pergerakan

maka robot *hexapod* dikendalikan menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler Arduino merupakan pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor Atmel AVR dan perangkat lunaknya memiliki bahasa pemrograman yang dinamakan *processing* (A. Kadir, 2013)^[5]. Untuk menghasilkan pergerakan robot yang lebih halus dan perubahan kecepatan sebanding dengan jarak yang mau ditempuh maka ditanamkan program sistem cerdas yang memakai Fuzzy Logic (A. Naba, 2009)^[6] pada mikrokontroler arduino.

1.2 Tujuan Penelitian

Ada dua tujuan penelitian, yakni:

1. Agar dapat merancang dan membuat robot *hexapod* pemadam api menggunakan mikrokontroler Arduino.
2. Agar dapat membuat pergerakan robot *hexapod* yang lebih halus dengan menerapkan metoda fuzzy logic pada program kontrol kecepatan motornya .

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini adalah suatu usaha untuk dapat memberlakukan robot *hexapod* bergerak lebih halus dengan menerapkan program kontrol kecepatan yang ditanam di mikrokontroler Arduino memakai metoda fuzzy logic. Keberhasilan metoda ini sebagai materi penelitian diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih efektif dalam menyelesaikan masalah, sehingga dapat berguna untuk kemajuan dunia industri dan khususnya bidang yang berhubungan dengan masalah kontrol kecepatan hexapod robot.

1.4 Batasan Masalah

Adapun masalah yang akan diteliti yaitu bagaimana merancang kontrol kecepatan (melibatkan sensor ultrasonik untuk deteksi jarak dan ultraviolet (UVTron) untuk deteksi api) robot *hexapod* dengan memakai Arduino Mega 2560 yang sudah ditanamkan program kecepatan memakai metoda fuzzy logic sehingga menghasilkan pergerakan kecepatan robot *hexapod* yang lebih halus.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Gerak

Sistem gerak robot *hexapod* memiliki keunikan, yaitu meniru gerak pada manusia (*bi-pedal*) maupun pada binatang berkaki empat (*quadrapod*), berkaki enam (*hexapod*) seperti terlihat pada Gambar 1 dan berkaki banyak (*multipod*). Semakin banyak kaki yang digunakan pada robot, diharapkan semakin seimbang robot tersebut pada saat berjalan. Robot berkaki merupakan robot yang cukup kompleks dalam perancangan dan pembuatannya, karena perlu mempertimbangkan beberapa faktor, diantaranya keseimbangan dan kecepatan(S. Halim, 2007)^[4].

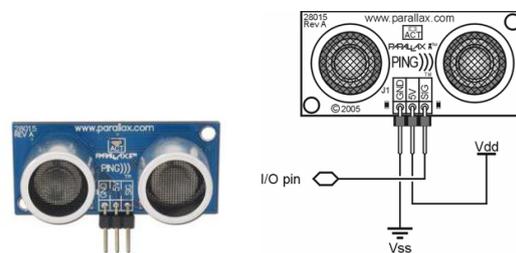


Gambar 1. Robot *Hexapod* ^[3]

2.2 Sensor

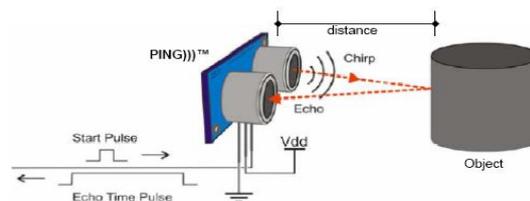
2.2.1 Sensor Jarak

Sensor PING)))™ *Ultrasonic Range Finder* adalah sensor produksi Parallax yang hanya membutuhkan 1 pin sinyal (SIG), selain jalur Vcc (5 Volt) dan Ground seperti terlihat pada gambar 2(W. Budiharto, 2007)^{[7],[8]}.



Gambar 2. Bentuk dan Konfigurasi Pin Sensor PING)))™ ^[7]

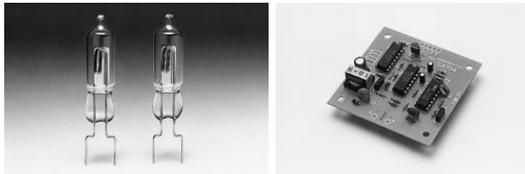
Sensor PING)))™ mengukur jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40 kHz) selama t_{BURST} (200 μ s) kemudian menunggu pantulannya. Sensor PING)))™ memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan input kontrol dari pin SIG (pulsa trigger dengan t_{OUT} min. 2 μ s). Gelombang ultrasonik ini melalui udara dengan kecepatan kurang lebih 344 meter/detik, mengenai objek dan memantul kembali ke sensor PING)))™. seperti gambar 3.^[8]



Gambar 3. Ilustrasi Cara Kerja Sensor PING)))™^[8]

2.2.2 Sensor Api

Sensor Hamamatsu UVTron *Flame Detector* R2868 yang dilengkapi dengan rangkaian *driver* (UV Tron *Driving Circuit* C3704 *Series*) dapat mendeteksi api dari lilin atau puntung rokok yang beroperasi pada panjang spectral 185 hingga 260 nm(W. Budiharto(2006)^{[1],[9]} dalam jarak 5 meter seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Sensor Api Hamamatsu UV Tron *Flame Detector* R2868 dan rangkaian *Driver*^[9]

Prinsip kerja dari sensor api Hamamatsu UVTron *Flame Detector* yaitu pada tabung UVTron merupakan tabung yang bekerja ketika katoda diberikan sinyal ultraviolet. Ketika terjadi *discharge*, tabung diisi dengan elektron dan ion.

Rangkaian *driver* C3704 yang dioperasikan untuk sensor UV akan menghasilkan tegangan yang tinggi karena terdapat trafo step-up yang bertegangan tinggi DC.

2.3 Mikrokontroler Arduino

Mikrokontroler yang dipakai adalah mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang mempunyai pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor Atmel AVR dan perangkat lunaknya memiliki bahasa pemrograman yang dinamakan *processing*(A. Kadir, 2013)^[4].

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel seperti gambar 6(A. Kadir, 2013)^[4]. Jenis Arduino yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arduino Mega ADK yang menggunakan chip AVR ATmega 2560 yang memiliki fasilitas PWM, komunikasi serial, ADC, *timer*, *interrupt*, SPI dan I2C. Sehingga

Arduino bisa digabungkan bersama modul atau alat lain dengan protokol yang berbeda-beda seperti gambar 5.



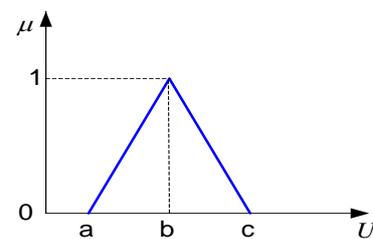
Gambar 5. Arduino Mega 2560 ^[4]

2.4 Logika Fuzzy

Lotfi Zadeh pada tahun 1965 mengemukakan teori tentang *fuzzy set* (himpunan samar) pada sebuah makalah yang berjudul "Fuzzy Sets" yaitu dapat merepresentasikan dan menangani masalah ketidakpastian yang dalam hal ini bisa berarti keraguan, ketidakpastian, kekurangan lengkapan informasi, dan kebenaran yang bersifat sebagian (A. Naba, 2009)^[5].

2.4.1 Fungsi-fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan memakai fungsi segitiga untuk merepresentasikan masalah dan menghasilkan keputusan yang akurat, seperti gambar 6.



$$Triangular(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x < a, x > c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a < x < b \\ \frac{-(x-c)}{c-b}; & b < x < c \end{cases}$$

Gambar 6. Fungsi segitiga

2.4.2 Sistem Berbasis Aturan Fuzzy

Suatu sistem berbasis aturan *fuzzy* yang lengkap terdiri dari tiga komponen utama: *Fuzzification*, *Inference* dan *Defuzzification*(A. Naba, 2009)^[5].

2.4.2.1 Fuzzification

Fuzzification mengubah masukan-masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti (*crisp input*) ke dalam *fuzzy input*, yang berupa nilai linguistik yang semantiknya ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan tertentu (A. Naba, 2009)^[5].

2.4.2.2 Inference

Inference melakukan penalaran menggunakan *fuzzy input* dan *fuzzy rules* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy output*. Secara sintaks, suatu aturan *fuzzy* dituliskan sebagai:

IF antecedent THEN consequent.

Terdapat dua model aturan *fuzzy* dan pada penelitian ini memakai model Mamdani.

- **Model Mamdani**

Pada model ini, aturan *fuzzy* didefinisikan sebagai:

IF x_1 is A_1 AND ... AND x_n is A_n THEN y is B dimana A_1, \dots, A_n , dan B adalah nilai-nilai linguistik dan " x_1 is A_1 " menyatakan bahwa nilai variabel x_1 adalah anggota *fuzzy* set A_1 .

2.4.2.3 Defuzzification

Defuzzification mengubah *fuzzy output* menjadi *crisp value* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Terdapat berbagai metode *defuzzification* yang telah berhasil diaplikasikan untuk berbagai macam masalah, diantaranya (A. Naba, 2009)^[5]:

- **Weighted Average**

Metode ini mengambil nilai rata-rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan. Sehingga y^* didefinisikan sebagai:

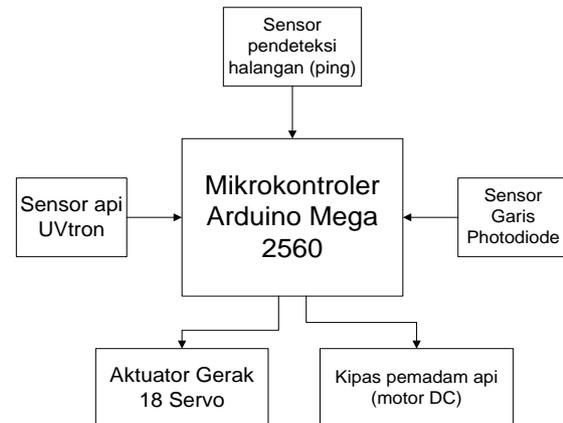
$$y^* = \sum \frac{\mu(y)y}{\mu(y)}$$

Dimana y adalah nilai *crisp* dan $\mu(y)$ adalah derajat keanggotaan dari nilai *crisp*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem ini akan dijelaskan secara garis besar bagaimana robot akan berkerja terhadap perubahan jarak, pembacaan titik api dan pergerakan kaki-kaki robot. Perangkat ini meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak seperti gambar 7.

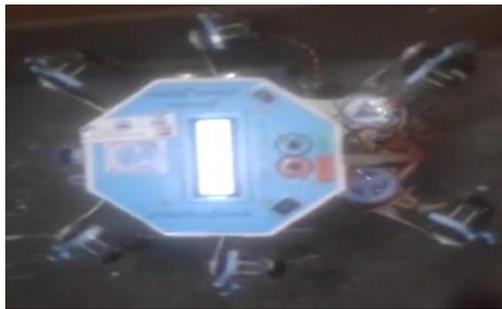


Gambar 7. Diagram blok *Robot Hexapod*

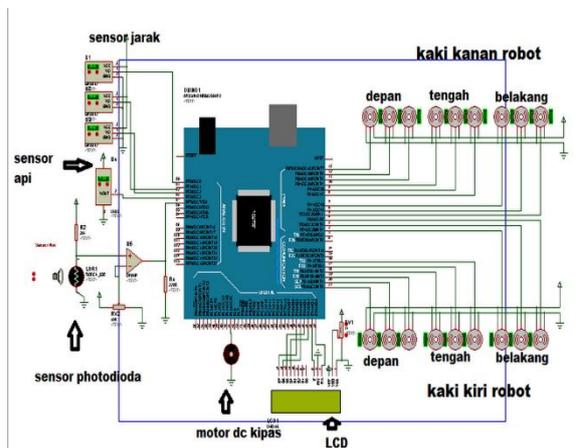
Dari gambar 7, menggambarkan robot akan dapat mengetahui jarak terhadap penghalang. Dari besarnya jarak yang didapat, robot akan menyesuaikan arah pergerakan robot. UVtron akan mengecek ada tidaknya titik api dan sensor garis sebagai pembacaan titik keberadaan api.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras berupa perancangan mekanik yang terdiri dari komponen utama penyusun robot yang terdiri dari sebuah mikrokontroler sebagai otak dari robot, sensor garis, sensor jarak dan sensor api serta motor sebagai penggerak dari robot seperti gambar 8. Gambar 8 (a) robot *hexapod* dan (b) simulasinya menggunakan program Proteus. Motor servo sebagai penggerak kaki robot dan motor DC penggerak kipas pemadam api (E. Pitowarno, 2006)^[8].



(a)

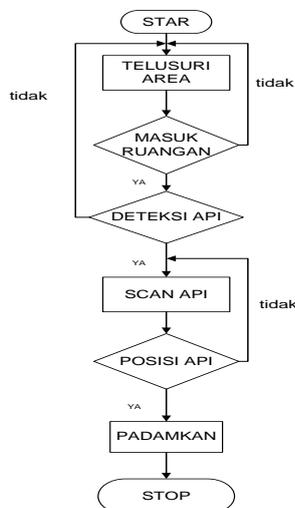


(b)

Gambar 8. (a) robot *hexapod* dan (b) simulasinya

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan program yang digunakan dalam sistem robot seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Diagram alir kontrol robot *hexapod*

3.4 Perancangan Program motor Servo

Pada IDE menyediakan *library* yang sangat membantu dalam melakukan peranan perangkat lunak pada robot *hexapod*.

```
#include <servo.h>
```

Servo.h merupakan library untuk servo kontroler sehingga 18 buah motor servo dapat dikontrol melalui mikrokontroler. Motor servo berfungsi sebagai pergerakan dari kaki-kaki robot yang dapat diatur akselerasi pergerakan masing-masing kaki.

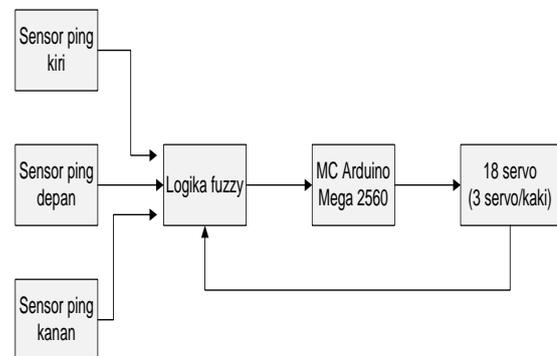
3.5 Perancangan Program Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik berperan penting dalam sistem navigasi robot yaitu sebagai subsistem yang akan menghitung jarak robot dengan dinding. Mikrokontroler mengirimkan pulsa (triger pulsa) minimal sebesar 2 **Error!** Reference source not found.

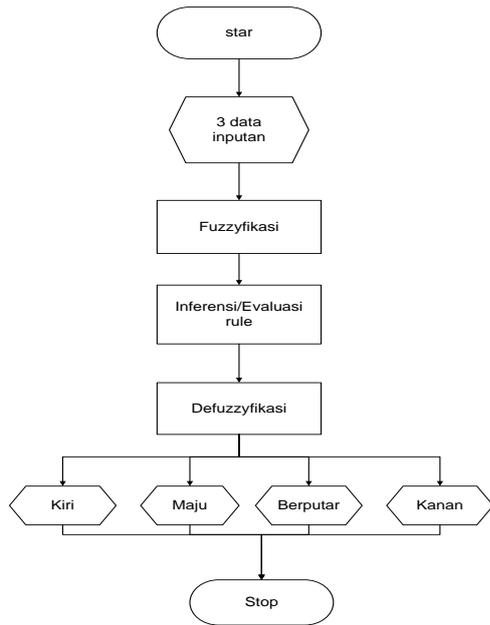
3.6 Perancangan Kontrol Logika Fuzzy

Logika *Fuzzy* merupakan logika kendali cerdas yang digunakan untuk mengendalikan arah pergerakan langkah kaki-kaki robot. Input data dari logika *fuzzy* berasal dari pembacaan tiga buah sensor jarak dan sebagai keluarannya adalah arah pergerakan robot memakai 3 servo per kaki seperti skema kendali fuzzy pada gambar 10.

Adapun diagram alir proses logika fuzzy sebagai pengendali dari robot *hexapod* seperti pada gambar 11.



Gambar 10. Skema kendali *fuzzy*

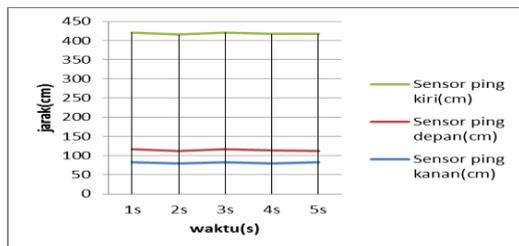


Gambar 11. Diagram Alir Proses Logika Fuzzy

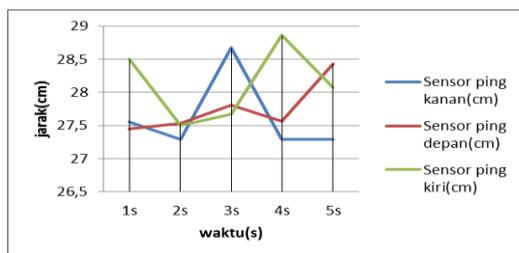
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

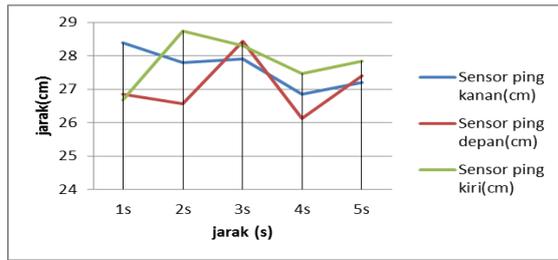
Pada gambar 12 sampai gambar 15 terlihat grafik pengukuran dari sensor ping tidak stabil atau berubah-ubah tiap detiknya sesuai bahan penghalang dan perubahan jarak robot. Hal ini juga dikarenakan sifat dari sensor ping itu sendiri, dimana *Crips* mengirimkan *pulse* berubah-ubah setiap saat, dengan pulse minimum 115µs dan maksimum 18.5 ms.



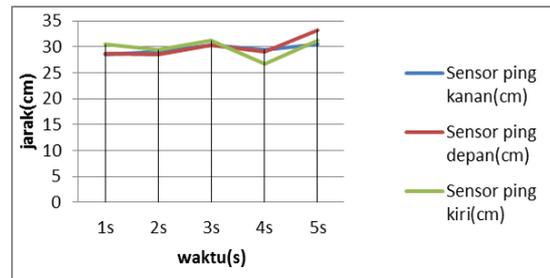
Gambar 12. sensor ping tanpa halangan



Gambar 13. sensor ping halangan papan



Gambar 14. sensor ping dengan halangan buku



Gambar 15. sensor ping dengan halangan boneka

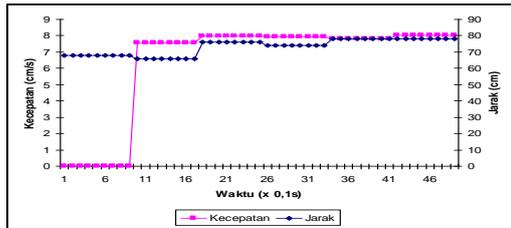
Sesuai dengan teori bahwa benda padat lebih baik memberikan pemantulan dari pada benda yang lembut. Berdasarkan gambar diatas didapatkan % nilai *error* pada masing-masing halangan didapatkan bahwa benda padat (papan) adalah 0.18%, semi padat (buku) 0.50% dan benda lembut (boneka) 1.78%.

4.2 Hasil Pengujian UVtron

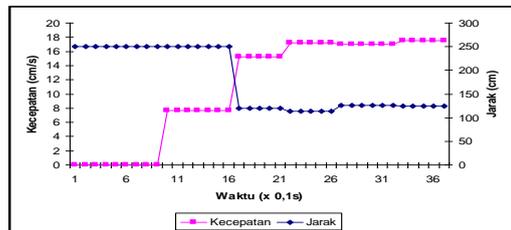
Objek pembacaan sensor UVTron menggunakan sumber api berupa lilin. Pendeteksian dilakukan tanpa adanya halangan dan pengujian dilakukan dengan berbagai jarak dengan keluaran ditampilkan pada LCD. Pulsa *high* (pulsa “1”) yang dihasilkan oleh kaki pin 1 dari rangkaian *driver* sensor UVTron jika terdeteksi ada api maka pada LCD akan menampilkan api terdeteksi atau tidak. Pada pengujian didapatkan jarak terjauh yang dapat dideteksi oleh UVtron adalah 5 meter.

4.3 Hasil Pengujian Pergerakan Robot

Dari gambar 16 dan gambar 17 terlihat kecepatan robot meningkat saat jarak tempuh masih jauh.



Gambar 16. Jarak penghalang 0.8 meter

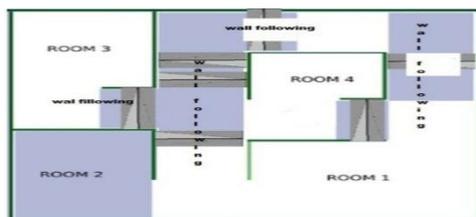


Gambar 17. Jarak penghalang 1,2 meter

Perubahan kecepatan robot berdasarkan pada perhitungan jarak dari sensor ultrasonik serta perhitungan kecepatan riil pada pergerakan kaki-kaki robot. Dengan menggunakan logika *fuzzy* dapat dilakukan perubahan kecepatan yang lebih halus dengan variasi dari besar sudut motor servo pada masing-masing bagian kaki robot.

4.4 Hasil Pengujian Robot Mencari dan Memadamkan Api

Pengujian sistem keseluruhan dari robot yang terdiri dari 3 sensor ping, sensor photo dioda dan sensor UVtron. Masing-masing sensor memegang peranan penting dalam menstimulasi pergerakan dan perilaku robot. Analisis ini dilakukan dengan meletakkan titik api(lilin) pada ruangan tertentu seperti gambar 18 dan robot diaktifkan pada ruangan yang berbeda. Robot berjalan menelusuri lintasan tersebut menuju titik api(lilin) dan memadamkan api.



Gambar 18. Track Pengujian Robot Mencari Titik Api

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian alat dan analisa dapat diambil kesimpulan:

1. Benda padat akan memantulkan sinyal ultrasonik yang lebih baik dibandingkan dengan benda yang kurang/tidak padat berdasarkan hasil error-nya pada papan(keras) sebesar 0,18%, buku(agak keras) 0,50% ,dan Boneka(lunak) 1,58%.
2. Sensor UVTron dapat membaca titik api dengan jarak terjauh 5 meter.
3. Dengan menggunakan logika fuzzy dapat dilakukan perubahan kecepatan yang lebih halus dengan variasi dari besar sudut motor servo pada masing-masing bagian kaki robot.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiharto, Widodo, *Belajar Sendiri Membuat Robot Cerdas*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta(2006).
- [2] Darwison dan Ade Ermadi, *Perancangan dan Implementasi Robot Mobil Pendeteksi dan Pemadam Api Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Sensor Ultraviolet Berbasis Mikrokontroler Renesas R8C/13*. Teknika, Unand-Padang(2009).
- [3] Darwison, M. Ilhamdi Rusydi dan Imil Hamda Imran, *Perancangan dan Pembuatan sistem Kontrol Kecepatan Servomotor Continuous Parallax dengan PID*. Teknika No.35 Vol.1 thn.XVIII, Universitas Andalas Padang (2011).
- [4] Halim, Sandy, *Merancang Mobile Robot Pembawa Objek Menggunakan OOPic-R*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta(2007).
- [5] Kadir, Abdul, *Panduan Praktis mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya menggunakan Arduino*, Penerbit Andi(2013).
- [6] Naba, Agus, *Belajar Cepat Fuzzy Logic menggunakan Matlab*, Penerbit Andi(2009).
- [7] Budiharto, Widodo dan Gamayel Rizal, *12 proyek mikrokontroler untuk pemula*, Elex Media Komputindo, Jakarta(2007).
- [8] *Datasheet Devantech SRF04 Ultrasonik Ranger Finder*, <http://acrome.com/robotic/part/R93-SRF04p.pdf> (16 februari 2014: 10.33 WIB).

- [9] *Datasheet Flame detektor UVtron and Hamatsu Uvtron Drever Circuit c3704 series*, <http://acrome.com/robotic/part/Uvtron Flame.pdf> (16 februari 2014:10.33 WIB).

Biodata Penulis

Darwison, dilahirkan di Payakumbuh, Sumatera Barat Indonesia. Pendidikan SD sampai SMA dilalui di kota Padang Sumatera Barat. Lulus SMA melanjutkan S1 Teknik Elektro bidang studi Elektronika ke ITS Surabaya. Selama mengikuti perkuliahan di ITS banyak pengalaman praktik yang didapat melalui sebagai asisten Praktikum, lomba dan Tugas Akhir. Pernah mendapat pengalaman elektronika di beberapa perusahaan yang memproduksi antara lain semen, plastik, obat nyamuk bakar dan lain-lain. Tahun 1995 diterima sebagai dosen S1 Teknik Elektro di Universitas Andalas Padang sampai sekarang. Tahun 2002 menyelesaikan S2 Teknik Elektro bidang studi Sistem Isyarat Elektronika di UGM Yogyakarta. Aktif di laboratorium untuk penelitian di bidang kontrol, mekatronika dan biomedika, pembimbing penelitian PKMT mahasiswa. Tahun 2002 sebagai kepala labor Elektronika Industri sampai 2012. Mata kuliah yang diajarkan di Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas lain di Unand adalah Elektronika, Sistem kontrol, Interface, Operasional Amplifier, Sistem Digital, Sistem Cerdas dan Mikroprosesor & Mikrokontroler. Penelitian yang dilakukan masih berkaitan dengan mikrokontroler, antara lain kontrol PLTB (Bayu), akses Moving Sign via HP, robot, petir, plasma, isolator tegangan tinggi dan gempa serta penelitian-penelitian lainnya memakai sistem cerdas. Pengabdian sesuai bidang penelitian seperti di Pauh, PKBM Karang Putih, Pesantren Alahan Panjang, dan KKN, mengadakan pelatihan interface & Mikrokontroler untuk SMA, mahasiswa/umum, dan pembinaan & pelatihan perancangan & pembuatan moving sign.