

# KENDALI POSISI CANNON ARMY TANK MENGUNAKAN EMBEDDED FUZZY LOGIC CONTROL

Pandhu Wicaksono<sup>1</sup>, Iwan Setiawan, S.T.,M.T.<sup>2</sup>, Darjat, S.T., M.T.<sup>2</sup>  
Jurusan Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

**Abstract** - Indonesia is an archipelago country which has thousand islands. It doesn't only need high nationalism citizen to keep NKRI exist but it needs also war device. One of the most important device is tank. It has cannon which is used to shoot bullets.

The aim of this final project is to implement Fuzzy Logic Controller in a manipulator as a position control. Fuzzy Logic Controller is used to control position of cannon both horizontally and vertically, based on the change of position that is measured by position sensors located on the joystick.

From the experiment result, it is found that the position control of manipulator using Fuzzy Logic Controller has fine response. The controller parameters also have an influence to the movement and final position of manipulator, if the value given to the limit of membership function is not correct, then the manipulator will easily get oscillation. The rule base that is used also give a big influence to the response and final position of manipulator. To get the value of membership function limit or the rule base, it is better to use the trial and error method.

**Keyword** : Cannon, Fuzzy Logic Controller, Joystick, Manipulator, Position Sensor.

Dunia militer telah mengalami kemajuan sejak perang dunia berakhir. Negara-negara maju berlomba-lomba untuk menciptakan teknologi baru pada bidang militer, diantaranya adalah teknologi untuk alat tempur. Teknologi digunakan untuk menciptakan alat tempur yang tidak hanya mempunyai daya hancur dahsyat, tetapi juga mempunyai kemampuan melindungi pasukan yang menggunakannya.

*Tank* merupakan salah satu alat tempur yang diciptakan untuk memenuhi spesifikasi tersebut. *Tank* mempunyai daya hancur yang dahsyat dan *tank* dibuat dari baja dengan ketebalan tertentu. Sehingga tank memiliki aspek keamanan yang cukup tinggi untuk melindungi pasukan yang menggunakannya dalam peperangan. Salah satu bagian yang penting pada tank adalah *cannon*. *Cannon* inilah yang digunakan untuk mengarahkan dan meluncurkan peluru yang berdaya ledak dahsyat, sehingga pengendalian posisi pada *cannon* merupakan hal yang paling penting.

*Cannon* pada dasarnya adalah manipulator lengan robot. Pengendalian pada manipulator biasanya berupa pengendalian posisi. Logika *fuzzy* adalah salah satu pengendali modern yang mampu bekerja baik pada sistem-sistem *non-linier* dengan menawarkan kemudahan dalam perancangan program karena tidak memerlukan model matematis dari sistem.

Pada Tugas Akhir ini digunakan mikrokontroler ATmega8535 sebagai kontroler, dan logika *fuzzy* sebagai metode pengendali. Logika *fuzzy* digunakan untuk menentukan kecepatan motor DC. Posisi motor ditentukan berdasarkan *input* posisi yang dimasukkan dan di-*update* secara real time.

## SISTEM KONTROL OTOMATIS

Kontroler otomatis digunakan untuk menggantikan operator manusia. Pengendalian sistem yang kompleks dengan operator manusia adalah tidak efektif. Hal ini seiring dengan perkembangan dalam bidang kontrol yang mampu menciptakan peralatan-peralatan yang mampu menggantikan peranan manusia dalam aksi kontrol. Pada dasarnya, fungsi dari kontroler otomatis dapat dianalogikan dengan peranan manusia, yaitu: mata operator analog dengan alat ukur kesalahan; otaknya analog dengan kontroler otomatis; tangannya analog dengan aktuatur.

Terdapat beberapa pertimbangan yang menyebabkan sistem kendali otomatis diperlukan dalam penerapan-penerapannya, terutama di bidang industri proses dan manufaktur, yaitu :

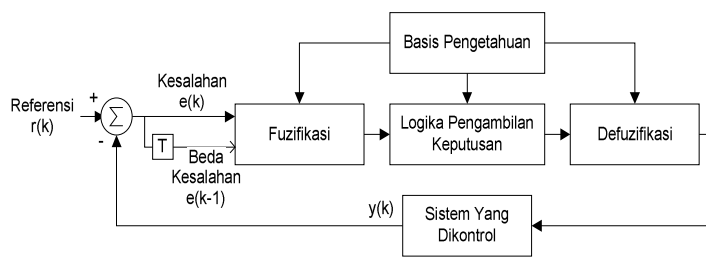
1. Keselamatan  
Plant atau proses harus aman dalam pengoperasiannya. Semakin kompleks dan berbahayanya sebuah plant atau proses maka kebutuhan akan sistem kontrol otomatis yang kompeten semakin besar pula.
2. Stabilitas  
Plant atau proses harus bekerja dengan mantap (*steadily*), dapat diperkirakan (*predictably*), dan dapat diulang (*repeatably*) tanpa fluktuasi dan pemadaman yang tidak direncanakan.
3. Ketelitian  
Hal ini merupakan kebutuhan utama dalam proses untuk menghindari terjadinya cacat produksi, serta meningkatkan mutu dan nilai produksi yang merupakan pokok dari efisiensi ekonomi.

<sup>1</sup> Mahasiswa Teknik Elektro UNDIP

<sup>2</sup> Dosen Teknik Elektro UNDIP

## KENDALI LOGIKA FUZZY

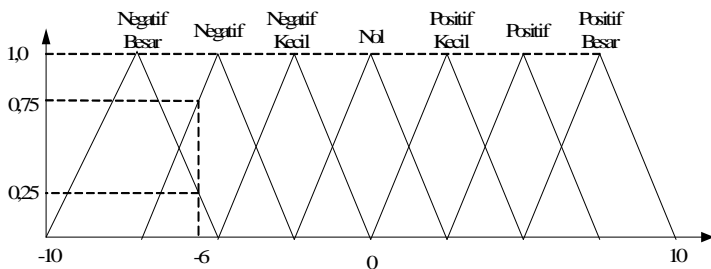
Kendali logika *fuzzy* bekerja berdasarkan aturan linguistik yang dibuat mirip dengan seorang operator ahli dalam melakukan proses kendali. Dalam proses manual, kinerja memuaskan atau tidak tergantung dari pengalaman operator tersebut, dan pengalaman butuh waktu dan *trial-and-error*. Di dalam kendali logika *fuzzy*, kinerja kendali memuaskan atau tidak juga tergantung dari *trial-and-error*, tidak ada deskripsi yang baku untuk menentukan kendali logika *fuzzy* agar dapat berjalan memuaskan, karena di samping ilmu bidang kendali logika *fuzzy* masih relatif baru, kendali logika *fuzzy* juga memiliki beberapa parameter yang dapat diatur, yaitu semesta pembicaraan, tipe dan bentuk fungsi keanggotaan, basis aturan *fuzzy*, metode implikasi dan agregasi, serta metode defuzzifikasi yang digunakan.



Gambar 1 Mekanisme kendali logika *fuzzy* kalang tertutup

### Fuzzifikasi

Komponen fuzzifikasi berfungsi untuk memetakan masukan data tegas ke dalam himpunan *fuzzy* menjadi nilai *fuzzy* dari beberapa variabel linguistik masukan.



Gambar 2 Proses fuzzifikasi

### Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan berisi pengetahuan sistem kendali sebagai pedoman evaluasi keadaan sistem untuk mendapatkan keluaran kendali sesuai yang diinginkan perancang. Basis pengetahuan terdiri dari basis data dan basis aturan *fuzzy*.

#### 1. Basis Data

Basis data merupakan komponen untuk mendefinisikan himpunan *fuzzy* dari masukan dan keluaran. Agar data dapat diolah oleh komputer digital maka data *fuzzy* tersebut dibuat diskrit.

Himpunan *fuzzy* yang terbentuk akan mempunyai beberapa variabel linguistik yang jumlah dan jenis himpunan *fuzzy* ditentukan dalam perancangan pengendalian sistem.

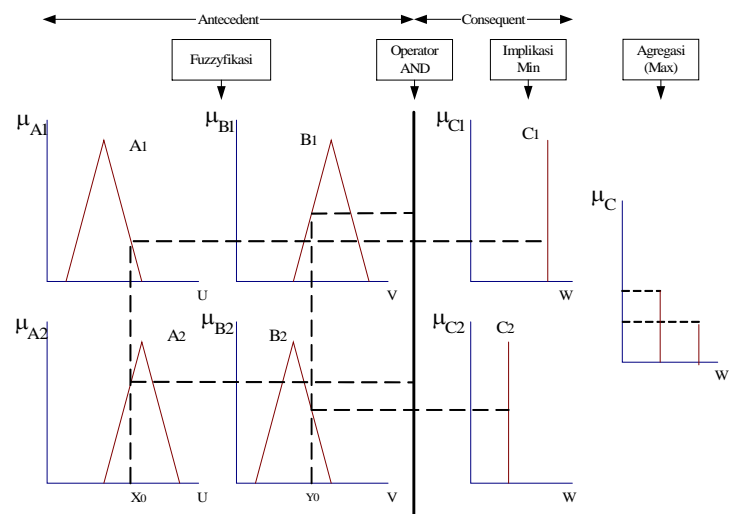
#### 2. Basis Aturan Fuzzy

Basis Aturan *fuzzy* merupakan kumpulan pernyataan aturan 'IF-THEN' yang didasarkan kepada pengetahuan pakar.

IF x is A and y is B then z = k

### Defuzzifikasi

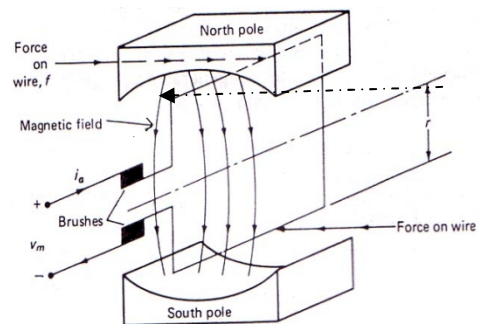
Defuzzifikasi dapat didefinisikan sebagai proses pengubahan besaran *fuzzy* yang disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* keluaran dengan fungsi keanggotaan untuk mendapatkan kembali bentuk tegasnya (*crisp*). Hal ini diperlukan karena *plant* hanya mengenal nilai tegas sebagai besaran sebenarnya untuk regulasi prosesnya.



Gambar 3 Proses pengambilan keputusan metode Sugeno

## MOTOR DC

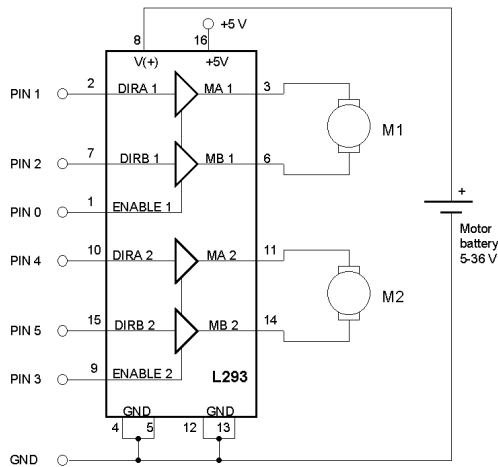
Motor dc adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik arus searah (DC) menjadi tenaga mekanik (putaran). Motor bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik.



Gambar 4 Dasar konstruksi motor DC

## DRIVER MOTOR DC L293D

Driver motor DC ini merupakan driver motor DC dua arah yang bisa menggerakkan motor untuk bergerak maju atau mundur sekaligus. Dalam satu IC dapat digunakan untuk mengendalikan 2 motor DC. Pada IC ini membutuhkan power suplai (Vcc) sebesar 4,5-36 Volt dan arus sebesar 1A. Sedangkan untuk pin-pin logikanya membutuhkan tegangan 0-1,5 volt untuk logika rendah dan untuk logika tinggi dibutuhkan tegangan 2,3-36 volt. Pada IC ini juga disediakan pin khusus untuk mencatu motor secara langsung.  $V_{motor}$  yang bisa digunakan pada IC ini adalah 5-36 Volt.



Gambar 5 Driver motor DC L293D

Tabel 1 Tabel Logika L293D

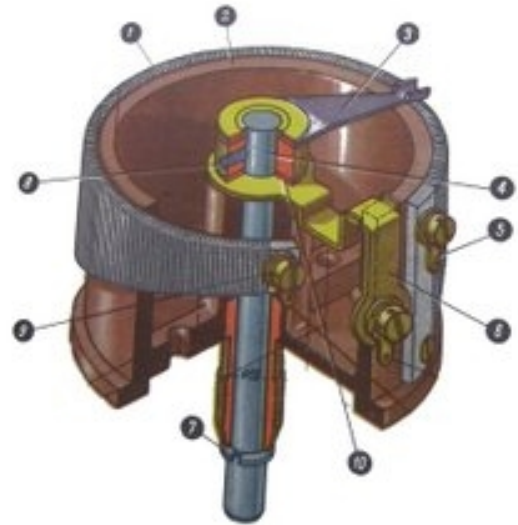
	Input	Putaran
1,9 = Tinggi	2,10 = Tinggi 7,15 = Rendah	Searah jarum jam
	2,10 = Rendah 7,15 = Tinggi	Berlawanan jarum jam
	2 = 7 ; 10 = 15	Berhenti
1,9 = Rendah	2,10 = X; 7,15 = X	Berhenti

## POTENSIOMETER

Potensiometer adalah resistor yang mempunyai 3 buah terminal dengan kontak geser yang biasa digunakan sebagai pembagi tegangan. Jika hanya digunakan 2 buah kontak, yaitu kontak tetap dan *wiper* (kontak geser), potensiometer bekerja sebagai variable resistor, karena potensiometer mempunyai mekanisme putar yang dapat menghasilkan resistansi yang dapat berubah.

Potensiometer juga dapat digunakan sebagai sensor posisi. Prinsip utama dari penggunaan potensiometer sebagai sensor posisi berdasarkan pada

perubahan resistansi yang sebanding dengan sudut (*rotary*) atau jarak (*linear*).



Gambar 6 Potensiometer

Penjelasan dari potensiometer di atas adalah sebagai berikut:

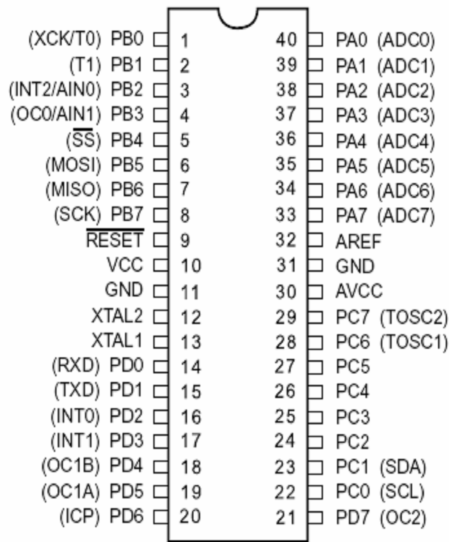
1. Elemen resistif.
2. *Body* potensiometer.
3. *Wiper* slider.
4. Sumbu putar.
5. Kontak tetap.
6. *Wiper* kontak.
7. Cincin bawah.
8. Cincin atas.

## MIKROKONTROLER ATMEGA8535

Mikrokontroler AVR ATMEGA8535 merupakan mikrokontroler 8 bit dengan konsumsi daya rendah produksi ATMEL, yang memiliki beberapa fitur istimewa antara lain:

- Arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computer).
- CPU yang terdiri atas 32 buah register.
- 16 MIPS (Mega Instructions per Second) pada 16 MHZ.
- 8 Kbytes In-System Programmable Flash (10000 siklus hapus/tulis).
- 512 bytes SRAM.
- 512 bytes In-System Programmable EEPROM (100.000 siklus hapus/tulis).
- Dua 8 bit timer/counter dengan Prescaler terpisah.
- Satu 16 bit timer/counter dengan Prescaler terpisah yang dapat digunakan untuk mode compare, dan mode capture.
- 4 saluran PWM.8 terminal, 10 bit ADC.
- Analog comparator dalam chip.
- Serial UART terprogram.
- Antarmuka serial SPI master/slave.

- Mode power down dan catu rendah senggang.
- Sumber interupsi internal dan eksternal.
- Saluran I/O sebanyak 32 buah yaitu PORT A, PORT B, PORT C, dan PORT D.



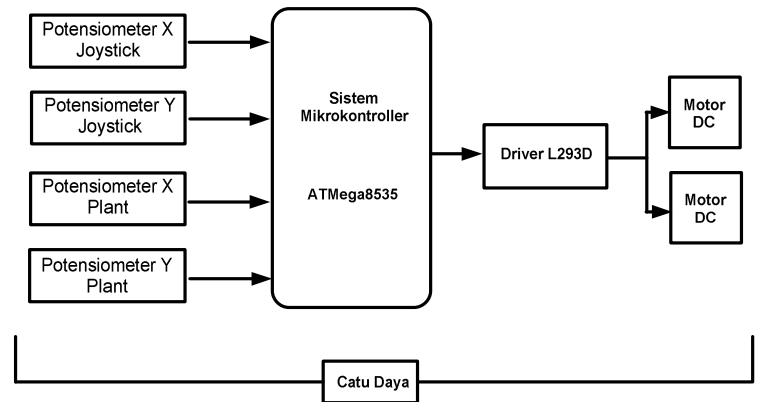
Gambar 7 Konfigurasi pin-pin ATmega8535

ATmega8535 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC *internal* dengan fidelitas 10 bit. Dalam operasinya, ADC ATmega8535 dapat dikonfigurasi, baik sebagai *single ended input* maupun *differential input*. Selain itu, ADC ATmega8535 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau yang amat fleksibel sehingga dapat dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan dari ADC itu sendiri. Tegangan referensi pada ADC *internal* ATmega8535 terdapat 3 pilihan yaitu :

1. Tegangan referensi *internal* sebesar 0 – 2,56 volt.
2. Tegangan referensi lewat pin AREF (tegangan referensi *internal* ADC *internal* dalam keadaan *off*).
3. Tegangan referensi lewat pin AVCC sebesar 0 - 5 volt.

## PERANCANGAN PERANGKAT KERAS

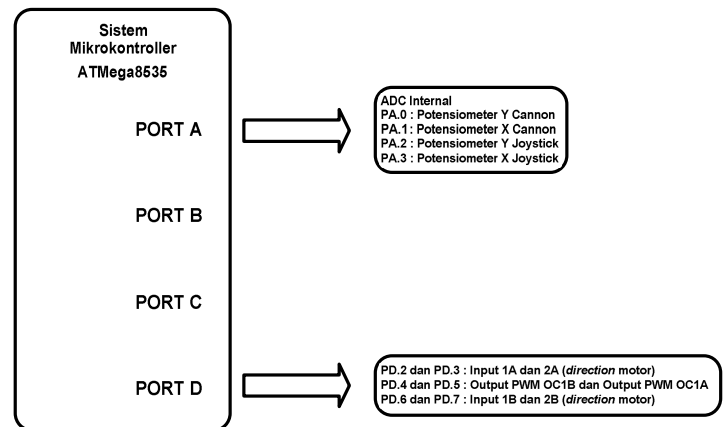
Perancangan perangkat keras pada sistem *cannon* ini meliputi mikrokontroler AVR ATmega 8535, potensiometer, *driver* motor dc dan rangkaian catu daya. Secara umum perancangan yang akan dibuat dapat dijelaskan pada Gambar 8.



Gambar 8 Blok diagram sistem

Mikrokontroler AVR ATmega8535 yang digunakan sudah mendukung kemampuan *In-System Programming*, yaitu pengisian program ke dalam sistem dengan mikrokontroler yang sedang digunakan bisa dilakukan.

Mikrokontroler AVR ATmega8535 berfungsi sebagai pengendali utama. Algoritma kendali logika *fuzzy* ditanamkan ke dalam mikrokontroler melalui senarai *program* yang sudah di *compile*.

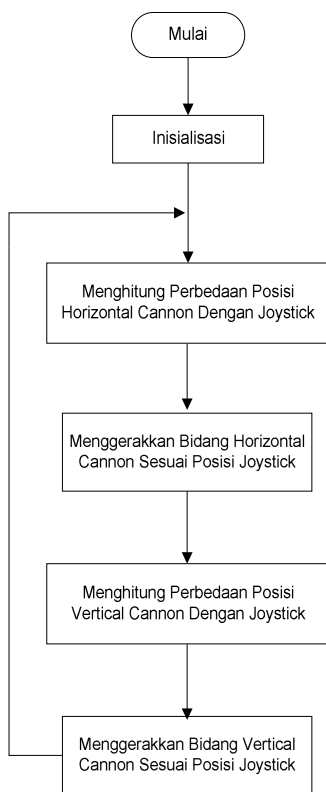


Gambar 9 Alokasi port pada sistem minimum ATmega8535

## PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Perancangan perangkat lunak ini bertujuan untuk mengatur kerja dari sistem seperti pembacaan sensor posisi, pengaturan PWM, serta proses pengaturan posisi *cannon* menggunakan algoritma kendali logika *fuzzy*. Dengan demikian perancangan perangkat lunak ini meliputi program utama serta beberapa fungsi-fungsi pendukung. Program utama akan mengatur secara keseluruhan operasi yang melibatkan fungsi-fungsi pendukung. Sedangkan fungsi-fungsi pendukung akan melakukan kerja khusus sesuai kebutuhan dari program utama.

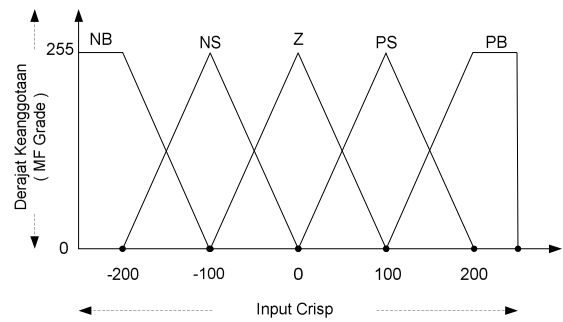
Secara umum diagram alir dari program utama dapat dilihat pada Gambar 10 dimana program dimulai dengan melakukan inialisasi variabel-variabel utama dari proses pengendalian dan mikrokontroler.



Gambar 10 Diagram alir program utama

### Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses pemetaan *input crisp* kedalam himpunan-himpunan *fuzzy* yang disajikan dalam bentuk fungsi keanggotaan. Tujuan dari fuzzifikasi adalah mendapatkan derajat keanggotaan dari hasil pemetaan input crisp kedalam fungsi keanggotaan yang bersesuaian. Derajat keanggotaan bernilai antara 0 dan 1 atau dalam bahasa C dinormalisasi kedalam nilai 0 hingga 255.



Gambar 11 Parameter fungsi keanggotaan masukan dalam pemrograman ATmega8535

### Evaluasi Aturan

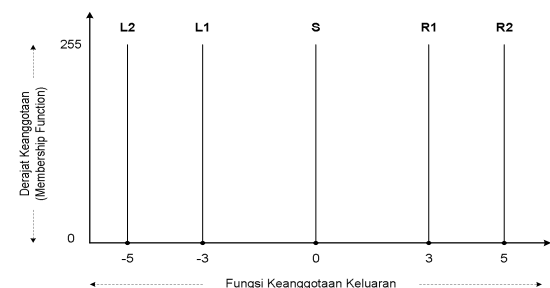
Tahapan kedua dalam inferensi *fuzzy* adalah evaluasi aturan. Evaluasi aturan adalah proses mengevaluasi derajat keanggotaan tiap-tiap fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* masukan kedalam basis aturan yang telah ditetapkan. Tujuan dari evaluasi aturan ini adalah menentukan derajat keanggotaan dari keluaran *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* keluaran yang digunakan dalam perancangan kendali logika *fuzzy* ini adalah *singleton*.

Tabel 2 Basis Aturan Kendali Logika *Fuzzy*

Error / Error	NB	NS	Z	PS	PB
NB	L2	L2	L2	L2	L2
NS	L2	L1	L1	L1	L1
Z	L1	L1	S	R1	R1
PS	R1	R1	R1	R1	R2
PB	R2	R2	R2	R2	R2

### Defuzzifikasi

Tahap terakhir dari inferensi *fuzzy* adalah defuzzifikasi. Defuzzifikasi merupakan kebalikan dari proses fuzzifikasi, yaitu mengubah himpunan *fuzzy* keluaran menjadi keluaran tegas (*crisp*). Perubahan ini diperlukan karena plant hanya mengenal nilai tegas sebagai variabel kendali.



Gambar 12 Fungsi keanggotaan keluaran

## PENGUJIAN ADC INTERNAL ATMEGA8535

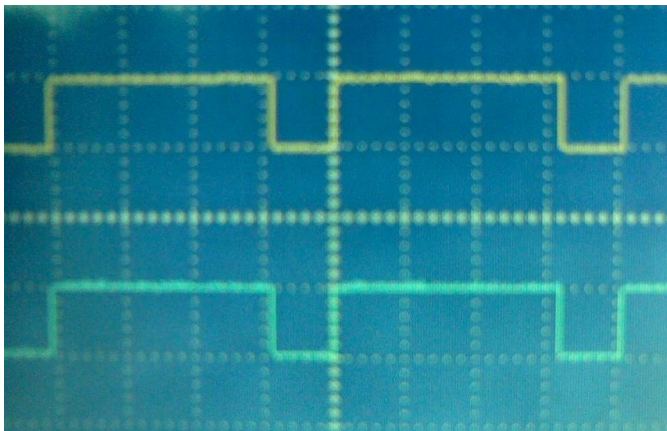
Pengujian ini dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran sensor potensiometer (masukan ADC) dan mengamati data digital hasil konversi dari ADC pada komputer melalui komunikasi serial. Pada tugas akhir ini digunakan ADC dengan *fidelitas* 10 bit, clock ADC 31,250 kHz, tegangan referensi yang digunakan adalah AVcc (4,99 volt) dan mode *free running*. Hasil pengujian ADC internal disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil pengujian ADC internal ATMEGA8538

No.	Tegangan masukan ADC (Volt)	Data digital keluaran ADC	Data digital hasil perhitungan
1	0	0	0
2	0.5	101	103
3	1	205	205
4	1.5	307	308
5	2	410	410
6	2.5	513	513
7	3	616	616
8	3.5	719	718
9	4	821	820
10	4.5	923	923
11	4.99	1023	1023

## PENGUJIAN TIMER 1 SEBAGAI PWM

Pengujian terhadap *timer* 1 sebagai modulasi lebar pulsa dapat dilakukan dengan memberikan nilai sinyal kontrol yang berbeda-beda. Pada pengujian ini, mode PWM yang digunakan adalah mode delapan bit, sehingga nilai sinyal kontrol berada pada nilai nol sampai dua ratus lima puluh lima.



Gambar 13 Sinyal PWM dengan nilai OCR1 = 200

Tabel 4 Hasil pengujian *timer* 1 sebagai PWM

Nilai OCR1AL	Nilai OCR1BL	Duty cycle channel 1	Duty cycle channel 2	Duty cycle perhitungan
255	255	100	100	100
225	225	88,23	88,23	88,23
200	200	78,43	78,43	78,43
175	175	68,65	68,65	68,63
150	150	58,60	58,60	58,82
125	125	49,04	49,04	49,02
100	100	39,31	39,31	39,22
75	75	29,44	29,44	29,41
50	50	19,62	19,62	19,61
25	25	9,82	9,82	9,80

## PENGUJIAN POTENSIOMETER

Pengujian terhadap sensor potensiometer dilakukan dengan mengukur perubahan sudut pada *cannon* dan mengamati hasil konversi data ADC ke besaran sudut pada komputer melalui komunikasi serial. Data hasil pengukuran yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Sensor Potensiometer

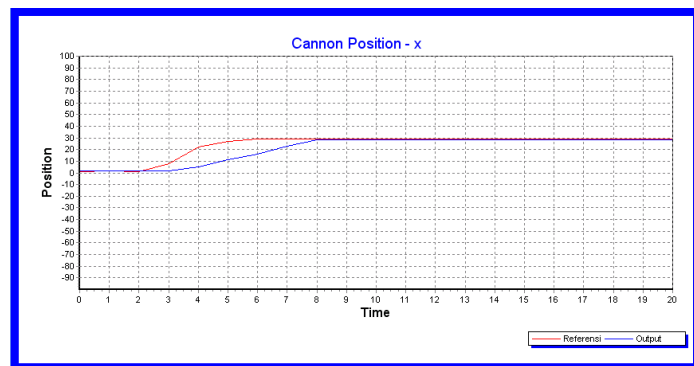
No.	Sudut Terukur (°)	Sudut Pembacaan Potensiometer (°)		Kesalahan pembacaan sudut (°)	
		X	Y	X	Y
1	0	0	0	0	0
2	30	29,52	29,82	0,48	0,28
3	60	60,80	60,52	- 0,80	- ,48
4	90	90,82	90,57	- 0,82	- ,57
5	120	120,82	120,82	- 0,82	-0,82
6	150	151,32	151,15	- 1,32	-1,15
7	180	181,23	181,52	-1,23	-1,52
Kesalahan rata- rata				0,78	0,69

Pada Tabel 5 terlihat bahwa sudut yang terbaca potensiometer mendekati besarnya sudut yang sesungguhnya, dengan hal ini dapat disebabkan karena pembulatan angka pada perhitungan konversi data ADC ke besaran sudut.

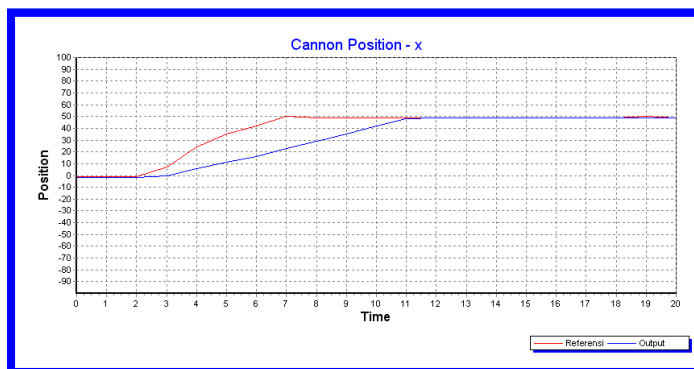
Dari Tabel 5 terlihat bahwa kesalahan rata-rata pada bidang *horizontal* (x) lebih besar daipada bidang *vertical* (y). Perbedaan ini disebabkan karena beban yang lebih besar pada bidang *horizontal*.

**PENGUJIAN GERAKAN HORIZONTAL**

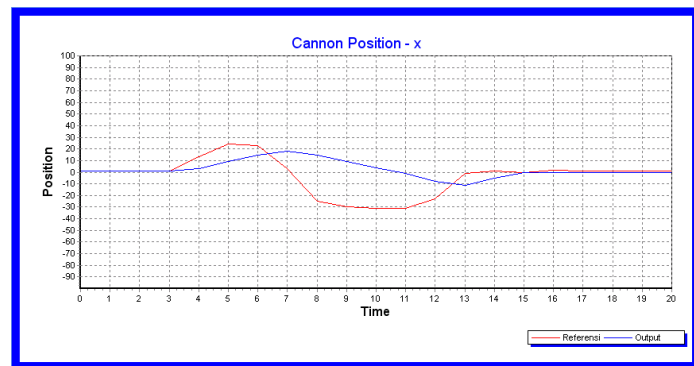
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tanggapan kendali logika *fuzzy* terhadap perubahan referensi pada sumbu *horizontal*. Data yang diambil berupa grafik *output* terhadap waktu. Berikut adalah beberapa grafik hasil pengujian dalam berbagai referensi posisi.



Gambar 14 Pengujian *cannon* dengan referensi 30°



Gambar 15 Pengujian *cannon* dengan referensi 50°

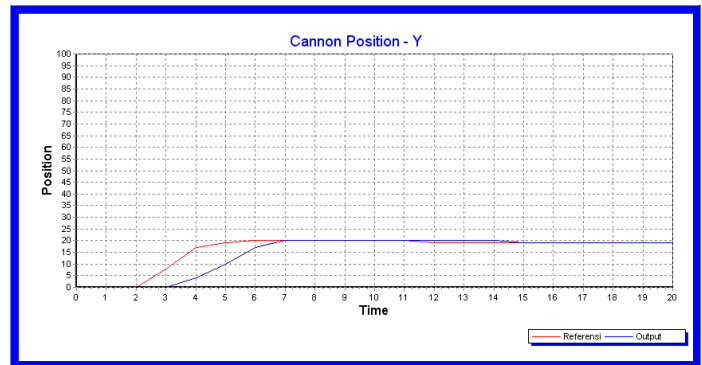


Gambar 16 Pengujian dengan variasi perubahan posisi *joystick*

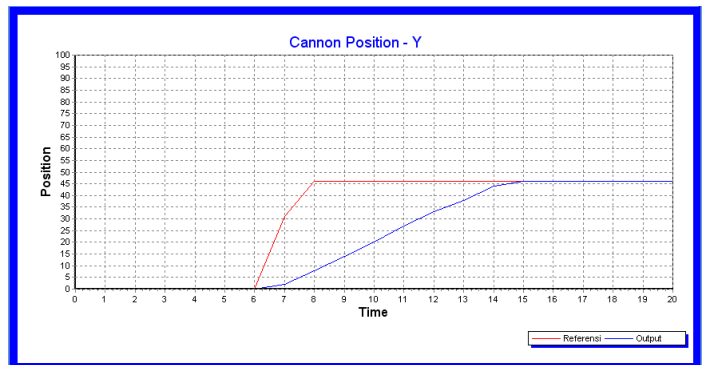
Dari hasil pengujian didapat bahwa kendali logika *fuzzy* mampu membuat *cannon* bergerak mengikuti perubahan posisi *joystick*, baik searah putaran jarum jam maupun berlawanan arah dengan putaran jarum jam. *Cannon* memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai posisi yang sama dengan *joystick* jika perbedaan posisi cukup besar. Jika posisi *joystick* berubah secara perlahan *cannon* dapat mengikuti perubahan posisi *joystick* dengan baik. Dalam hal ini, *cannon* memberikan respon yang agak lambat terhadap perubahan posisi *joystick* yang cepat dan nilainya cukup besar dikarenakan putaran motor yang tidak begitu cepat.

**PENGUJIAN GERAKAN VERTICAL**

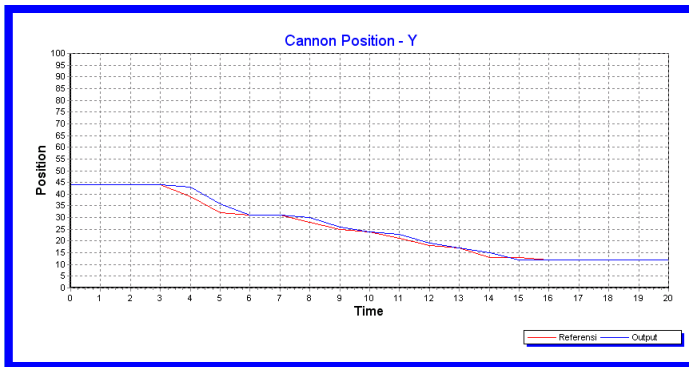
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tanggapan kendali logika *fuzzy* terhadap perubahan referensi pada sumbu *vertical*. Data yang diambil berupa grafik *output* terhadap waktu. Berikut adalah beberapa grafik hasil pengujian dalam berbagai referensi posisi.



Gambar 17 Pengujian *cannon* dengan referensi 20°



Gambar 18 Pengujian *cannon* dengan referensi 45°



Gambar 19 Pengujian dengan referensi  $10^\circ$

Dari hasil pengujian didapat bahwa kendali logika *fuzzy* mampu membuat *cannon* bergerak mengikuti perubahan posisi *joystick*. *Cannon* memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai posisi yang sama dengan *joystick* jika perbedaan posisi cukup besar. Jika posisi *joystick* berubah secara perlahan *cannon* dapat mengikuti perubahan posisi *joystick* dengan baik. Dalam hal ini, *cannon* memberikan respon yang agak lambat terhadap perubahan posisi *joystick* yang cepat dan nilainya cukup besar dikarenakan putaran motor yang tidak begitu cepat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pengujian, dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Kendali logika *fuzzy* yang digunakan dalam perancangan mampu membuat *cannon* bergerak mengikuti referensi.
2. Besarnya perbedaan posisi *cannon* dan *joystick* berpengaruh pada kecepatan *cannon* mencapai referensi. *Cannon* semakin cepat mencapai referensi jika perbedaan posisi dengan *joystick* semakin kecil.
3. Kecepatan perubahan posisi *joystick* berpengaruh pada kemampuan *cannon* mengikuti *joystick*.
4. Kesalahan rata-rata pembacaan sudut pada bidang *horizontal* adalah 0,78.
5. Sedangkan kesalahan rata-rata pembacaan sudut pada bidang *vertical* adalah 0,69.
6. Kesalahan pembacaan sudut yang terjadi pada bidang *horizontal* lebih besar dikarenakan beban yang lebih besar daripada bidang *vertical*.

## SARAN

Sebagai masukan guna pengembangan lebih lanjut dar Tugas Akhir ini, *cannon* dapat ditambahkan alat penembak dan *keypad* sehingga dapat digunakan referensi berupa koordinat posisi dan dapat diatur melalui *keypad*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bousserhane, K., A. Hazzab, M. Rahli, B. Mazari, and M. Kamli, Position Control of Linear Induction Motor using an Adaptive Fuzzy Integral – Backstepping Controller, [http://www.journal.tfc.kg.ac.yu/Vol\\_3-1/01-Bousserhane.pdf](http://www.journal.tfc.kg.ac.yu/Vol_3-1/01-Bousserhane.pdf).
- [2] Heryanto, M.Ary & Wisnu Adi P., *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2008.
- [3] Ogata, Katsuhiko, *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1-2*, Diterjemahkan Oleh Ir. Edi Leksono, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996.
- [4] Wahyudi, *Implementasi Fuzzy Logic Controller Pada Sistem Pengereman Kereta Api*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2005.
- [5] -----, Adaptive Force and Position Control for Robots, [http://ranier.hq.nasa.gov/telerobotics\\_page/Technologies/0411.html](http://ranier.hq.nasa.gov/telerobotics_page/Technologies/0411.html).
- [6] -----, Closed Loop Control Systems, [http://www.gmrt.ncra.tifr.res.in/gmrt\\_hpage/Users/doc/WEBLF/LFRA/node188.html](http://www.gmrt.ncra.tifr.res.in/gmrt_hpage/Users/doc/WEBLF/LFRA/node188.html).
- [7] -----, Modul Praktikum Pemrosesan Embedded Modul 5. hary@eepis-its.edu, [hendri@eepis-its.edu](mailto:hendri@eepis-its.edu).
- [8] -----, Modul Praktikum Pemrosesan Embedded Modul 6. hary@eepis-its.edu, [hendri@eepis-its.edu](mailto:hendri@eepis-its.edu).
- [9] -----, Modul Praktikum Pemrosesan Embedded Modul 7. hary@eepis-its.edu, [hendri@eepis-its.edu](mailto:hendri@eepis-its.edu).
- [10] -----, *ATmega8535 Data Sheet*, <http://www.atmel.com>.
- [11] -----, *L293D Data Sheet*, <http://www.ti.com>.
- [12] -----, <http://www.cakewalk.com/Tips/desktop-glossary.asp>.
- [13] -----, <http://www.abcofelectronics.com/p.htm>.
- [14] -----, <http://www.rosner-tdl.de/english/glossary.htm>.

## BIODATA PENULIS



Pandhu Wicaksono ( L2F 004 498), lahir di Kota Wali pada 16 April 1986. Pendidikan mulai dari sekolah dasar hingga sekolah menengah atas ditempuh di Kota Wali. Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan Strata-1 di Teknik Elektro Universitas Diponegoro dengan konsentrasi kontrol.

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Iwan Setiawan, S.T., M.T.  
NIP. 132 283 183

Darjat, S.T., M.T.  
NIP. 132 231 135