

## Abstrak

Pada saat ini teknologi robot berkembang dengan sangat cepat. Robot-robot tersebut banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti: bidang penelitian, industri, kedokteran, eksplorasi ruang angkasa dan lain-lain. Salah satu jenis robot yang banyak digunakan dalam bidang industri yaitu robot yang dapat mengikuti lintasan garis tertentu (*line follower robot*). Pada umumnya robot tipe ini berbentuk kendaraan.

Realisasi hardware dari *line follower robot* menggunakan penjejak sensor inframerah untuk mendeteksi garis lintasan berwarna hitam pada bidang alas berwarna putih. Sensor yang digunakan berupa sensor *optocoupler* sebanyak enam buah. Pengaturan kecepatan dari motor dc dilakukan dengan metoda PWM oleh mikrokontroler. Mikrokontroler ATmega16 ini juga sebagai pengatur kerja antara satu komponen dengan yang lain. Metoda pengendalian yang digunakan adalah logika *fuzzy*, namun proses perhitungan logika fuzzy dilakukan di luar mikrokontroler, dengan menggunakan software petrafuz. Hasil input dan output logika fuzzy tersebut kemudian disimpan ke dalam mikrokontroler. Lintasan yang diuji coba berupa garis lintasan lurus, belok melengkung dan persimpangan.

Hasil percobaan yang dilakukan menunjukkan bahwa kendaraan dapat mengikuti bentuk garis lintasan yang harus diikuti. Jadi dapat disimpulkan, realisasi kendaraan secara hardware berhasil dibuat. Sedangkan untuk pengendali dengan logika fuzzy, hasil yang dicapai masih belum sempurna. Hal ini karena penulis mengalami kesulitan dalam membuat program pengendali logika fuzzy. Sehingga pengendali logika fuzzy yang dipakai belum dapat dilakukan oleh mikrokontroler sendiri.

## Abstract

In the past few years, the development of robotic technology is growing very rapidly. Those robots are use in many different fields, such as: experimental, medical, industrial, space exploration and etc. One type of robot that commonly use in industrial fields is a line follower robot.

This final project goal is to make a realization of a line follower robot using fuzzy logic controller. This robot is using six infrared sensors (optocoupler sensor) to detect a black line in a white background. The dc motor speed is controlled by microcontroller's PWM output. This microcontroller also works as a control center for other components. The controller of this line follower robot is using a fuzzy logic control. However the computation of fuzzy logic is done by using Petrafuz software. Then the input and output value from Petrafuz software will be store in microcontroller. The shapes of tracks that will be test are a straight line, a slope curve with  $90^0$  angle and a cross section.

The experiment showed that the line follower robot is capable in following the shapes of tracks. From the result, we can say that the realization of a line follower robot is succeed. However for the fuzzy logic controller is not perfect. This because the computation process of fuzzy logic is not done by microcontroller itself.

## KATA PENGANTAR

Pertama-tama, puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini tepat pada waktunya.

Tugas Akhir yang berjudul **“Realisasi Kendaraan Yang Mengikuti Suatu Lintasan Tertentu Dengan Pengendali Logika Fuzzy”** dibuat untuk memenuhi persyaratan program studi Strata Satu Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro di Universitas Kristen Maranatha.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini bukan suatu hal yang mudah, banyak halangan dan masalah yang harus dihadapi karena keterbatasan pengalaman dan pengetahuan. Penulis menyadari bahwa tanpa anugerah Tuhan, serta bantuan dari berbagai pihak, tidak dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Oleh karena itu, tidak lupa penulis ucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam pengerjaan kerja praktek ini, yaitu:

1. Bapak Agustinus, ST.,MT. selaku pembimbing pertama tugas akhir yang telah memberikan masukan pengetahuan dan ide-ide serta membimbing dalam pembuatan tugas akhir ini.
2. Bapak Muliady, ST., MT. selaku pembimbing kedua tugas akhir yang telah mendorong dan memberikan masukan serta pemecahan masalah dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Aan Darmawan, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro periode 2004-2008 yang telah membantu memberikan kesempatan dan masukan-masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini..
4. Ibu Ir. Anita Supartono Msc., selaku koordinator TA yang tetap mendorong serta memberikan kesempatan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Kepada bapak dan ibu yang bekerja di bagian Tata Usaha Jurusan Teknik Elektro.

6. Kepada bapak Ade dan bapak Endang yang bekerja di Laboratorium Elektronika dan Laboratorium Fisika yang telah membantu menyediakan peralatan-peralatan yang dibutuhkan.
7. Kepada bapak dan ibu yang bekerja di bagian Perpustakaan Fakultas Teknik.
8. Papa, mama, atas dorongan moril dan dukungan doa yang telah menguatkan penulis.
9. Tony, Heru, Yence, Alex, Andris, Harrison, Tina, Pohan, Citra, Mario Koba, Willy, Nico, dan Dennis yang telah memberikan dukungan moril dan bantuan dalam mengerjakan tugas akhir ini.
10. Teman-teman dan pihak-pihak lain yang telah membantu dalam mengerjakan tugas akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Demikian tugas akhir ini disusun, sehingga kiranya dapat memberikan pemahaman dan tambahan pengetahuan bagi pembaca pada umumnya dan mahasiswa secara khusus. Penulis juga menyadari bahwa laporan ini jauh dari sempurna sehingga apabila ditemukan kesalahan, penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran dari pembaca.

Bandung, Juli 2006

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman

|   |      |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN   |      |
| SURAT PERNYATAAN  |      |
| ABSTRAK .....   | i    |
| ABSTRACT .....  | ii   |
| KATA PENGANTAR .....  | iii  |
| DAFTAR ISI .....  | v    |
| DAFTAR GAMBAR .....   | viii |
| DAFTAR TABEL .....  | xi   |
| DAFTAR RUMUS .....  | xii  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                       | 1    |
| I.1. Latar Belakang .....                                     | 1    |
| I.2. Identifikasi masalah .....                               | 2    |
| I.3. Tujuan .....   | 2    |
| I.4. Spesifikasi Alat .....                                   | 2    |
| I.5. Pembatasan Masalah .....                                 | 2    |
| I.6. Sistematika Penulisan .....                              | 3    |
| BAB II LANDASAN TEORI .....                                   | 5    |
| II.1. Definisi Robot .....                                    | 5    |
| II.1.1. Klasifikasi Robot .....                               | 6    |
| II.1.1.1. Klasifikasi Robot berdasarkan Sistem Koordinat .... | 7    |
| II.1.1.2. Klasifikasi Robot berdasarkan Metoda kendali .....  | 11   |
| II.2. Sensor .....  | 12   |
| II.2.1. Infra Merah .....                                     | 13   |
| II.3. Logika Fuzzy .....                                      | 15   |
| II.3.1 Himpunan Fuzzy .....                                   | 16   |
| II.3.1.1. Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy .....             | 19   |
| II.3.1.2. Aturan Fuzzy Jika-Maka .....                        | 22   |
| II.3.2 Fuzzy Interface Systems (FIS) .....                    | 22   |
| II.3.2.1. Fuzzifikasi .....                                   | 23   |

|  |           |
|--|-----------|
| II.3.2.2. Operator Fuzzy .....   | 24        |
| II.3.2.3. Metoda Implikasi .....   | 25        |
| II.3.2.4. Agresi Keluaran .....  | 25        |
| II.3.2.5. Defuzzifikasi .....  | 26        |
| II.3.2.6. Metoda Fuzzy Tipe Sugeno .....                                     | 27        |
| II.4. Mikrokontroler.....  | 28        |
| II.4.1 Memori .....  | 28        |
| II.4.2 Bagian Input/Output (I/O) .....                                       | 29        |
| II.4.3 Peripheral Mikrokontroler ATmega16 .....                              | 30        |
| II.4.4 Sleep Mode .....  | 36        |
| II.4.5 Mode Pengalamatan .....   | 37        |
| II.4.6 Perangkat Lunak .....   | 41        |
| II.4.6.1. AVR Studio 4 .....   | 43        |
| II.4.6.2. Perangkat Antarmuka antara Komputer dengan<br>Mikrokontroler ..... | 44        |
| II.4.6.2.1. Perangkat Keras Antara Komputer dengan<br>Mikrokontroler .....   | 45        |
| II.4.6.2.2. Perangkat Lunak Antara Komputer dengan<br>Mikrokontroler .....   | 45        |
| II.4.6.3. Petrafuz .....   | 46        |
| <b>BAB III PERANCANGAN PERANGKAT KERAS DAN LUNAK .....</b>                   | <b>48</b> |
| III.1. Diagram Blok.....   | 48        |
| III.2. Perancangan Perangkat Keras .....                                     | 51        |
| III.3.1. Rangkaian Catu Daya .....   | 51        |
| III.3.2. Sensor Lintasan Garis.....  | 52        |
| III.3.3. Rangkaian Output Motor DC .....                                     | 54        |
| III.3.4. Mikrokontroller ATmega16 .....                                      | 55        |
| III.3. Perancangan Perangkat Lunak .....                                     | 56        |
| III.3.1. Perancangan Logika Fuzzy .....                                      | 57        |
| III.3.1.1. Fungsi Keanggotaan Input Himpunan Fuzzy .....                     | 59        |
| III.3.1.2. Fungsi Keanggotaan Output Himpunan Fuzzy .....                    | 60        |
| III.3.2. Perancangan Program Mikrokontroller.....                            | 61        |

|  |    |
|--|----|
| BAB IV Data Pengamatan Kendaraan Yang Mengikuti Suatu Lintasan Tertentu .....  | 70 |
| IV.1. Posisi Sensor dengan Bidang Lintasan.....                                | 70 |
| IV.2. Hasil Input-Output Pengendali Logika Fuzzy dengan Software Petrafuz..... | 72 |
| IV.3. Pengamatan Jalan Kendaraan Yang Mengikuti Garis Lintasan Tertentu .....  | 74 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....   | 77 |
| DAFTAR PUSTAKA.....  | 78 |
| LAMPIRAN A Gambar Foto Alat.....   | A  |
| LAMPIRAN B Skema Rangkaian Alat.....   | B  |
| LAMPIRAN C Perangkat Lunak .....   | C  |
| LAMPIRAN D Datasheet Komponen .....  | D  |

## DAFTAR GAMBAR

|   | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Robot <i>Cantilevered Cartesian</i> .....              | 7       |
| Gambar 2.2 Robot <i>Gantry-Style Cartesian</i> .....              | 8       |
| Gambar 2.3 Robot Koordinat <i>Cylindrical</i> .....               | 8       |
| Gambar 2.4 Robot Koordinat <i>Spherical</i> .....                 | 9       |
| Gambar 2.5 Robot <i>Joint Spherical</i> Murni .....               | 9       |
| Gambar 2.6 Robot <i>Parallelogram Spherical</i> .....             | 10      |
| Gambar 2.7 Robot <i>Cylindrical Joint</i> .....                   | 10      |
| Gambar 2.8 Diagram Blok Sensor <i>Optocoupler</i> .....           | 12      |
| Gambar 2.9 Sensor <i>Optocoupler</i> .....                        | 12      |
| Gambar2.10 Daerah Frekuensi Gelombang Infra Merah .....           | 13      |
| Gambar2.11 Daerah Panjang Gelombang Infra Merah.....              | 14      |
| Gambar2.12 Himpunan Fuzzy dan Fungsi Keanggotaannya.....          | 17      |
| Gambar2.13 Diagram Venn Gabungan Dua Himpunan .....               | 17      |
| Gambar2.14 Diagram Venn Irisan dua Himpunan .....                 | 18      |
| Gambar2.15 Diagram Venn Komplemen Dua Himpunan.....               | 18      |
| Gambar 2.16a Fungsi Keanggotaan Himpunan Logika Konvensional..... | 19      |
| Gambar 2.16b Fungsi Keanggotaan Himpunan Logika Fuzzy.....        | 19      |
| Gambar 2.17 Fungsi Keanggotaan S .....                            | 20      |
| Gambar 2.18 Fungsi Keanggotaan $\pi$ .....                        | 20      |
| Gambar 2.19 Fungsi Keanggotaan Trapesium .....                    | 21      |
| Gambar 2.20 Fungsi Keanggotaan Segitiga .....                     | 21      |
| Gambar 2.21 Fungsi Keanggotaan Gauss.....                         | 22      |
| Gambar 2.22 Arsitektur Fuzzy Interface System .....               | 23      |
| Gambar 2.23 Proses Fuzzifikasi .....                              | 23      |
| Gambar 2.24 Proses Aplikasi Operator OR Metoda MAX .....          | 24      |
| Gambar 2.25 Proses Impilkasi Metoda MIN .....                     | 25      |
| Gambar 2.26 Proses Agresi Keluaran dengan Metoda MAX.....         | 26      |
| Gambar 2.27 Arsitektur Atmega16 .....                             | 31      |



|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.28 Blok Diagram ATmega16 .....                               | 32 |
| Gambar 2.29 Mikrokontroler Atmega16 .....                             | 33 |
| Gambar 2.30 Instruksi Sleep Mode .....                                | 36 |
| Gambar 2.31 <i>Direct Single Register Addressing</i> .....            | 38 |
| Gambar 2.32 <i>Direct Register Addressing</i> dengan 2 register.....  | 38 |
| Gambar 2.33 <i>I/O Direct Addressing</i> .....                        | 39 |
| Gambar 2.34 <i>Data Indirect Addressing with Pre-Decrement</i> .....  | 39 |
| Gambar 2.35 <i>Data Indirect Addressing with Post-increment</i> ..... | 40 |
| Gambar 2.36 <i>Program Memory Constant Addressing</i> .....           | 40 |
| Gambar 2.37 <i>Program Memory with post-Increment</i> .....           | 41 |
| Gambar 2.38 Tampilan Programmer AVR Studio 4.....                     | 44 |
| Gambar 2.39 Diagram Blok AVR ISP .....                                | 45 |
| Gambar 2.40 Tampilan dari Software downloader ALL-11 .....            | 46 |
| Gambar 2.41 Tampilan Software Petrafuz.....                           | 47 |
| Gambar 3.1 Blok Diagram Robot.....                                    | 48 |
| Gambar 3.2 Blok Kerja Alat .....                                      | 49 |
| Gambar 3.3 Rangkaian Catu Daya Mikrokontroler dan Sensor .....        | 51 |
| Gambar 3.4 Rangkaian Catu Daya untuk Motor DC.....                    | 52 |
| Gambar 3.5 Rangkaian Sensor <i>Optocoupler</i> .....                  | 53 |
| Gambar 3.6 Posisi Sensor GP2S28 pada badan PCB .....                  | 53 |
| Gambar 3.7 Skema Rangkaian Kendaraan .....                            | 56 |
| Gambar 3.8 Flowchart Logika Fuzzy untuk Line Follower .....           | 58 |
| Gambar 3.9 Bentuk Membership Function untuk Input Error dan Derror    | 59 |
| Gambar 3.10 Bentuk membership Function Output.....                    | 60 |
| Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> Sistem .....                             | 63 |
| Gambar 3.12 <i>Flowchart Subroutine</i> PB .....                      | 64 |
| Gambar 3.13 <i>Flowchart Subroutine</i> PS .....                      | 65 |
| Gambar 3.14 <i>Flowchart Subroutine</i> NS .....                      | 66 |
| Gambar 3.15 <i>Flowchart Subroutine</i> NB .....                      | 67 |
| Gambar 3.16 <i>Flowchart Subroutine</i> Z .....                       | 68 |
| Gambar 3.17 <i>Flowchart Subroutine</i> Tunda .....                   | 68 |
| Gambar 3.18 <i>Flowchart Subroutine</i> Sleep .....                   | 69 |

Gambar 4.1 Pantulan Sensor Terhadap Bidang Lintasan..... 71

## DAFTAR TABEL

|  | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 2.1 Fungsi Pengganti Port B .....                                  | 34      |
| Tabel 2.2 Fungsi Pengganti Port C .....                                  | 35      |
| Tabel 2.3 Fungsi Pengganti Port D .....                                  | 35      |
| Tabel 2.4 Nilai bit SM0, SM1, SM2 untuk menentukan mode sleep ....       | 37      |
| Tabel 3.1 Membership Function Input dan posisi point-pointnya .....      | 60      |
| Tabel 3.2 Membership Function Output dan posisi point-pointnya .....     | 61      |
| Tabel 3.3 Hasil Selisih Gain PWM dengan Logika Fuzzy .....               | 62      |
| Tabel 4.1 Tegangan Output Sensor .....                                   | 71      |
| Tabel 4.2 Tegangan Output Hasil Deteksi pada Input Sensor .....          | 72      |
| Tabel 4.3 Tabel Selisih Gain dengan Pengendali Logika <i>Fuzzy</i> ..... | 73      |
| Tabel 4.4 Beberapa Nilai Input dan Output Fuzzy Hasil Petrafuz .....     | 73      |
| Tabel 4.5 Pengamatan Gerak Kendaraan .....                               | 74      |

## DAFTAR RUMUS

|                  | Halaman |
|------------------|---------|
| Rumus 2.1 .....  | 13      |
| Rumus 2.2 .....  | 14      |
| Rumus 2.3 .....  | 15      |
| Rumus 2.4 .....  | 16      |
| Rumus 2.5 .....  | 17      |
| Rumus 2.6 .....  | 17      |
| Rumus 2.7 .....  | 18      |
| Rumus 2.8 .....  | 18      |
| Rumus 2.9 .....  | 24      |
| Rumus 2.10 ..... | 24      |
| Rumus 2.11 ..... | 24      |
| Rumus 2.12 ..... | 24      |
| Rumus 2.13 ..... | 25      |
| Rumus 2.14 ..... | 25      |
| Rumus 2.15 ..... | 26      |
| Rumus 2.16 ..... | 26      |
| Rumus 2.17 ..... | 27      |