

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh*

*Alhamdulillah* rabbil'alamin, segala puji saya haturkan kehadiran Allah SWT atas segala berkah, rahmat, hidayah, kesehatan dan berbagai nikmat yang diberikan oleh-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Shalawat beriring salam senantiasa tersampaikan kepada junjungan besar Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat yang merupakan suri tauladan bagi umat manusia.

Tugas akhir yang berjudul “**Rancang Bangun Kontrol *Fuzzy Logic* pada Metode *Leader-Follower* untuk Penjejak Formasi *Mobile Robot*” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan tahap sarjana di jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom Bandung.**

Tugas akhir ini dibuat dengan tujuan agar dapat mengendalikan formasi antar robot dengan menggunakan sistem kontrol *fuzzy logic control* dengan mengendalikan jarak dan perubahan sudut terhadap putaran motor agar formasi dari *mobile robot* tetap terjaga. Dalam perancangan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan ilmu dan waktu yang dimiliki. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun akan penulis terima dengan senang hati demi pengembangan penelitian di masa yang akan datang.

Semoga buku Tugas Akhir yang telah dibuat ini dapat bermanfaat untuk diri saya khususnya, serta bermanfaat untuk teman-teman dan masyarakat pada umumnya.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Bandung, 21 Januari 2015

Lisa Anjani Arta  
(1108100036)

## UCAPAN TERIMA KASIH

*Alhamdulillah*, sungguh suatu kenikmatan tersendiri dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Begitu banyak waktu yang terbuang percuma selama menikmati bangku perkuliahan sehingga membuat sulitnya untuk menyelesaikan kuliah tepat pada waktunya. Namun dibalik semua kesulitan selalu ada dorongan, masukan, saran, bantuan, perhatian, serta doa dari banyak pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis sangat ingin mengucapkan rasa terima kasih penulis yang mungkin tak berarti apa-apa kepada :

1. **Allah Subhanahu Wa Ta'ala**, Segala puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat, hidayah, dan izin-Nya penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orangtua yang sangat penulis sayangi, **Warto** dan **Rimla Sari Harahap** serta keluarga besar yang selalu mendoakan dan memberikan semangat tiada henti agar anaknya cepat lulus kuliah. Tanpa doa dan restu mereka, tak ada kata sukses dimasa depan. Terima kasih atas segala usaha Papa dan Mama yang selalu memperjuangkan agar anaknya bisa mendapatkan gelar sarjana dan semoga penulis menjadi kebanggaan buat Papa, Mama, dan keluarga besar. I love you more paa, maa.
3. Adik-adik yang penulis sayangi, **Dede Arista** dan **Egi anggita** yang selalu memberikan semangat, doa, dan bantuan kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan masa studinya. Tidak lupa juga buat sepupu-sepupu penulis yang juga selalu memberikan semangat dan doanya **Novita Hidayati** dan **Nindi Melida**.
4. Bapak **Suwandi** selaku pembimbing I dan bapak **Ahmad Qurthobi** selaku pembimbing II yang telah membimbing, membantu, dan memberi ilmu serta nasihat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Bapak **Reza Fauzi Iskandar** selaku pembimbing tak tertulis yang telah membantu, membimbing, memberi ilmu, dan nasihat kepada penulis agar penulis cepat menyelesaikan Tugas Akhir.

6. Bapak **Indra Chandra** selaku dosen wali penulis terdahulu dan Bapak **Abrar** selaku dosen wali penulis sekarang yang banyak membantu ketika penulis sedang dalam masalah akademik.
7. Dosen Teknik Fisika Bapak **Suwandi**, Bapak **Indra Chandra**, Bapak **M. Ramdhan Kirom**, Bapak **Ahmad Qurthobi**, Bapak **Reza Fauzi Iskandar**, Bapak **Mamat Rokhmat**, Bapak **Dudi Darmawan**, Bapak **Abrar**, Bapak **Saladin**, Bapak **Suprayogi**, Ibu **Amalia R.I.U**, Ibu **Puri Handayani**, Ibu **Hertiana Bertaningtyas**, dan dosen-dosen Teknik Fisika yang belum saya ucapkan karena belum kenal, hehehe. Terima kasih untuk ilmu yang Bapak dan Ibu berikan selama masa studi penulis 4 tahun ini, terima kasih untuk bimbingan dan nasihat kalian.
8. Team Tugas Akhir **M. Maulana Riswandha** dan **Abdul Haffif**, terima kasih untuk 2 semester *absurd* bersama kalian. Senang, sedih, bahagia, tawa, canda kita lewati bareng-bareng sampai susah-susahnyapun telah kita lewati ketika menjadi skripsi backpacker, hehehe.
9. Keluarga “**TF-34-02 never ending story**” yang telah penulis anggap keluarga kedua, ketiga, keempat sampai ke-n tak hingga selama kuliah di Universitas Telkom. Susah dan senang kita lewati bersama, responsi bareng, liburan bareng, sampai ada masalah di kelas pun sudah kita lewati. Terima kasih banget buat **Girindra Wardhana** dan **Reksa Ruzika** yang telah memberikan pengetahuannya kepada penulis selama di Jakarta dan **M Wilden Ali Murtado** yang sering penulis repotkan dengan pertanyaan-pertanyaan yang mungkin sepele.
10. Ukhtivis **IDEAL** : **Endah Setyowati**, **Rezky Ekawaty**, dan **Dian Suryani Wulandari**, atas kegilaannya selama 1 tahun ini. Terima kasih telah menerima penulis dengan segala sifat penulis, terima kasih untuk dukungan, doa, semangat, dan nasihatnya. Terima kasih juga telah menjadi saudara-saudara perempuanku terhebat, tergila, dan ter-ngga jelasan kalian selama ini dengan masing-masing sifat yang kalian miliki. I miss you girls ☹️
11. Kosan **RAMPES** : **Novi Ahimsa Rosikha**, **Desiana Putri**, **Nina Artika Sari**, **Desi Ratnasari**, dan **kak Raisa Aulia**. Terima kasih telah menjadi sahabat terbaik yang penulis temui ketika awal pertama kali penulis

kuliah. Terima kasih atas kegilaan, nasihat, semangat, dan tentunya doa dari kalian.

12. **Emselistam : Ema Amalia Silvyani, Selvi Dwi Kurnia, Amsuri Yulianda, dan Isti Kemala Dewi.** Sahabat SMA yang telah penulis anggap sebagai saudara perempuan, terima kasih untuk doa, semangat, dan nasihat yang kalian berikan. Dan sahabat-sahabat SMA lainnya yang tergabung dalam **8.sis : Desiana Putri, Monica Maiwulandari Saputri, Rambang Agung Patria, Janter Ignatius Simatupang, Rizky Rachman, dan Aang Wahyudi** yang membantu penulis membangkitkan semangat ketika penulis sudah mulai menyerah dengan Tugas Akhir ini. I love you guys.
13. **Lab Sel Surya : Fx Dwiyanto Meas, Arika Primayosa, dan Bambang Septiawan, Galih, Bella, dan Elsa** Terima kasih telah menemani hari-hari penulis dalam mengerjakan tugas akhir di lab ini, terima kasih untuk semangatnya dan terima kasih untuk ajakannya bermain lets get rich ketika penulis ingin mengerjakan tugas akhir, hehehe. Semoga kita semua bisa sukses yaa guys ☺
14. **Keluarga BEM CERIA 2012 dan Keluarga BEM IDEAL 2013** yang telah memberikan semangat dan pengalaman berharga kepada penulis sehingga penulis dapat memiliki banyak pengetahuan baik tentang organisasi ataupun perkuliahan. Khususnya terima kasih kepada Presiden Mahasiswa **Aril Wahyu Pratama** yang telah memberikan kepercayaan kepada penulis untuk menjadi Kepala Badan dalam kabinetnya. Dan **Achyar Al-Rasyid** atas kepercayaannya kepala penulis untuk menjadi bagian dari perjuangan BEM CERIA 2012.
15. **Badan Sekertaris Kabinet 2013** yang telah menjadi keluarga kecil dengan penuh kenangan dan suka cita selama 1 tahun. Kalian luar biasa!! Terima kasih **Riza Rafika** dan **Alfian Yopi**.
16. **The Obengers** yang telah menghiasi keceriaan untuk penulis ketika penulis sudah mulai jenuh dengan aktivitas yang penulis lakukan. Terima kasih **Siti Fanny Azmiaty, Alwan Firdaus, Cahya Sukma Riyandi, Mardha Al-Nazhfi, dan Syahida Anugrah Kausar** semoga kalian tidak merindukan penulis ketika penulis sudah tidak di kampus ini lagi. hehehe

17. **Adli Rahman, Kak Iqbal Pramaditha dan kak Ricky Novanda**, terima kasih atas ilmu yang kalian berikan mengenai Xbee dan Visual Basic. Maaf kita yang selalu merepotkan kalian dengan teror sms setiap minggu, hehehe.
18. **Lab Prediction**. Terima kasih untuk tempat dan alat-alat yang sering penulis gunakan ketika mengerjakan Tugas Akhir, terima kasih juga untuk masukan-masukan yang kalian berikan kepada penulis.
19. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu karena keterbatasan waktu. Hehehehe
20. Dan yang terakhir yang paling special **MMR**. Pria hebat setelah papa, motivator pribadi dan calon pendamping hidup yang ikut diwisudakan yang tanpa henti selalu menemani, membimbing, membantu, memberikan semangat, mendukung, menasihati, dan mendoakan penulis selama lebih dari 4 tahun ini khususnya pada saat pengerjaan tugas akhir. Terima kasih untuk semua pengetahuan dan pengalaman yang diberikan untuk penulis. Semoga lewat takdir Allah SWT semuanya mudah untuk kita lalui dalam hubungan ini. *Thanks for being who you are.*

Semoga Allah SWT membalas budi baik semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. *Amin ya Robbal'Alamin*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTARCT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	viii
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 <i>LEADER FOLLOWER</i> DENGAN SISTEM KONTROL <i>FUZZY LOGIC</i> 6	
2.1 Mobile Robot.....	6
2.2 Konsep <i>Leader Follower</i> .....	6
2.3 Modul <i>Wireless ZigBee Xbee Series1</i> .....	7
2.4 Sistem Komunikasi <i>Wireless</i> .....	7
2.5 Kendali Logika <i>Fuzzy</i> .....	8
2.5.1 Fungsi Keanggotaan ( <i>Membership Function</i> ).....	9
2.6 Model Kinematika Robot Mobil <i>Differential Drive</i> .....	11
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM.....	14

3.1	Gambaran Umum Sistem .....	14
3.2	Perangkat yang Digunakan.....	14
3.2.1	Xbee Series1 .....	14
3.2.2	Sensor CMPS10 .....	15
3.2.3	Sensor Ultrasonik HC SR04 .....	15
3.2.4	Arduino .....	16
3.2.5	Baterai Lithium Polymer.....	17
3.2.6	<i>Driver</i> Motor .....	17
3.2.7	Gear Box .....	18
3.2.8	<i>Xbee</i> Shield.....	19
3.3	Perancangan Mekanik Robot.....	19
3.4	Perancangan dan Realisasi <i>Fuzzy Logic</i> .....	20
3.5	Perancangan Mobile robot dengan Metode <i>Leader-Follower</i> .....	24
3.5.1	Perancangan Sistem Komunikasi antar mobile robot .....	24
3.6	Perancangan Perangkat Lunak .....	26
3.6.1	Perancangan Perangkat Lunak Xbee series 1.....	26
3.6.2	Konfigurasi Xbee .....	26
3.7	Tahapan Pengujian .....	29
BAB 4	PENGUJIAN DAN ANALISIS .....	31
4.1	Pengujian Sensor CMPS10 .....	31
4.1.1	Skenario Pengujian.....	31
4.1.2	Hasil Pengujian dan Analisis .....	31
4.2	Pengujian Sensor HC SR04.....	34
4.2.1	Skenario Pengujian.....	34
4.2.2	Hasil Pengujian dan Analisis .....	34
4.3	Pengujian Pancaran Sinyal Xbee.....	36

4.3.1	Skenario Pengujian.....	36
4.3.2	Hasil Pengujian dan Analisis .....	37
4.4	Pengujian Jarak Komunikasi Xbee.....	38
4.4.1	Skenario Pengujian.....	38
4.4.2	Hasil Pengujian dan Analisis .....	38
4.5	Desain Kontrol <i>Fuzzy</i> .....	42
4.5.1	Skenario Pengujian.....	42
4.5.2	Hasil Pengujian dan Analisis .....	42
4.6	Implementasi Kontrol.....	43
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN .....	51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran .....	52
	DAFTAR PUSTAKA .....	53
	LAMPIRAN A.....	55
	LAMPIRAN B .....	64
	LAMPIRAN C .....	68
	LAMPIRAN D .....	74



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Arduino Uno dan Arduino Mega.....	16
Tabel 3.2 <i>Fuzzy Rules</i> .....	22
Tabel 3.3 Konfigurasi Xbee .....	27
Tabel 4.1 Hasil Pengujian CMPS10 pada Kuadran I.....	31
Tabel 4.2 Hasil Pengujian CMPS10 pada Kuadran II .....	32
Tabel 4.3 Hasil karakteristik HC SR04.....	34
Tabel 4.4 Pancaran sinyal Xbee pada jarak 1 meter berdasarkan sudut antara pemancar terhadap penerima.....	37
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Jarak Xbee <i>Leader</i> terhadap <i>router</i> (penerima).....	39
Tabel 4.6 Hasil pengujian jarak komunikasi Xbee <i>follower</i> terhadap penerima ..	40
Tabel 4.7 Hasil pengujian defuzzifikasi pada tiap kemungkinan <i>rule base</i> .....	42
Tabel 4.8 Data <i>Error</i> Posisi dari <i>Follower</i> .....	46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi perilaku mengikuti pemimpin [9].....	7
Gambar 2.2 Ilustrasi Kerja Modul Xbee [11] .....	7
Gambar 2.3 Sistem telemetri [12] .....	8
Gambar 2.4 Aturan <i>fuzzy</i> .....	9
Gambar 2.5 Kurva Fungsi Segitiga [15] .....	10
Gambar 2.6 Kurva Fungsi Trapesium [15] .....	11
Gambar 2.7 Posisi dan orientasi <i>mobile robot</i> dalam sistem koordinat <i>cartesian</i>	11
Gambar 2.8 Ilustrasi pergerakan robot.....	12
Gambar 3.1 Blok diagram untuk <i>robot follower</i> .....	14
Gambar 3.2 Xbee Series1 .....	15
Gambar 3.3 Sensor CMPS10 .....	15
Gambar 3.4 Sensor Ultrasonik HC SR04.....	16
Gambar 3.5 Baterai Lithium Polymer .....	17
Gambar 3.6 Driver Motor .....	17
Gambar 3.7 Rangkaian Driver Motor .....	18
Gambar 3.8 <i>Gear Box</i> .....	18
Gambar 3.9 Rangkaian Xbee <i>Shield</i> .....	19
Gambar 3.10 Perancangan <i>Mobile robot</i> .....	20
Gambar 3.11 <i>Flowchart fuzzy logic</i> yang dirancang.....	20
Gambar 3.12 Fungsi Keanggotaan Input Jarak .....	21
Gambar 3.13 Fungsi Keanggotaan Input Sudut .....	21
Gambar 3.14 Fungsi Keanggotaan Output a) PWM Kanan, b) PWM Kiri .....	22
Gambar 3.15 Skema <i>Leader-Follower</i> .....	24
Gambar 3.16 Sistem Komunikasi <i>Leader Follower</i> .....	25
Gambar 3.17 Diagram Alir <i>Mobile robot</i> dengan pengendali logika <i>fuzzy</i> .....	26

Gambar 3.18 Xbee USB <i>adapter</i> V2 .....	27
Gambar 3.19 Tampilan Awal XCTU .....	28
Gambar 3.20 Pengaturan Parameter pada XCTU .....	28
Gambar 3.21 Uji Komunikasi Statis pada <i>Mobile Robot</i> .....	30
Gambar 4.1 Grafik Kuadran I .....	32
Gambar 4.2 Grafik Kuadran II .....	33
Gambar 4.3 Grafik karakterisasi HC SR04.....	36
Gambar 4.4 Grafik jarak komunikasi Xbee <i>leader</i> .....	40
Gambar 4.5 Grafik jarak komunikasi Xbee <i>follower</i> .....	41
Gambar 4.6 Ilustrasi konsep trigonometri pada robot <i>leader</i> dan robot <i>follower</i> .	44
Gambar 4.7 Ploting posisi <i>leader</i> dan <i>follower</i> pada posisi awal <i>follower</i> lurus..	44
Gambar 4.8 Ploting posisi <i>leader</i> dan <i>follower</i> pada posisi awal <i>follower</i> menghadap kiri.....	45
Gambar 4.9 Grafik error sudut terhadap waktu .....	47
Gambar 4.10 Grafik error posisi X terhadap waktu .....	47
Gambar 4.11 Grafik error posisi Y terhadap waktu.....	48
Gambar 4.12 Gambar respon keluaran terhadap waktu (posisi awal <i>follower</i> lurus) .....	49
Gambar 4.13 Gambar respon keluaran terhadap waktu (posisi awal <i>follower</i> ke kanan).....	49
Gambar 4.14 Gambar respon keluaran terhadap waktu (posisi awal <i>follower</i> ke kiri).....	50