

**RANCANG BANGUN *FUZZY LOGIC CONTROLLER* PADA
BALL BALANCING TABLE DENGAN *BALL JOINT* BERBASIS
NI LABVIEW DAN MYRIO**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Muhamad Al Ghafara

219441041



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Rancang Bangun *Fuzzy Logic Controller* pada *Ball Balancing Table* dengan
Ball joint Berbasis NI LabVIEW dan myRIO**

Oleh:

Muhamad Al Ghafara

219441041

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 10 Agustus, 2023

Disetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Suharyadi Pancono Dipl.Ing. HTL. M.T.
NIP. 196701171990031004

Hilda Khoirunnisa, S.Tr.T., M.Sc.Eng.
NIP. 199704192022032012

Disahkan,

Penguji I,

Penguji II,

Penguji III,

Dr. Noval Lilansa, Dipl.Ing
(FH)., M.T.
NIP. 197111231995121001

Abyanuddin Salam, S.S.T., M.Eng
NIP. 198910042010121007

Dr. Susetyo Bagas Bhaskoro,
S.S.T., M.T.
NIP. 198706222015041002

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhamad Al Ghafara
NIM : 219441041
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun *Fuzzy Logic Controller* pada *Ball Balancing Table* dengan *Ball joint* Berbasis NI LabVIEW dan myRIO

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 10 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

(Muhamad Al Ghafara)
219441041

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhamad Al Ghafara
NIM : 219441041
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun *Fuzzy Logic Controller* pada *Ball Balancing Table* dengan *Ball joint* Berbasis NI LabVIEW dan myRIO

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 10 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

(Muhamad Al Ghafara)
219441041

MOTO PRIBADI

Perdalam kemampuan diri & perbanyak relasi.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, kakak dan adik saya, teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlandung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Rancang bangun fuzzy logic controller pada ball balancing table dengan ball joint berbasis NI LabVIEW dan MyRIO”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, S.T., M.A.B
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ismail Rokhim, ST. MT
3. Ketua Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Otomasi, Ibu Nuryanti, ST. M Sc.
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Suharyadi Pancono Dipl.Ing. HTL. M.T., dan Ibu Hilda Khoirunnisa, S.Tr.T., M.Sc.Eng.
5. Para Penguji siding tugas akhir Bapak Dr. Noval Lilansa, Dipl.Ing (FH)., M.T., Bapak Abyanuddin Salam, S.S.T., M.Eng., dan Bapak Dr. Susetyo Bagas Bhaskoro, S.S.T., M.T.

6. Panitia tugas akhir Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika dan Politeknik Manufaktur Bandung
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibunda Eros Rosmiati, S.Pd., dan Ayahanda Ahmad Hidayat, S.H. yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk kedua kakak (Laila Mughira Al Qori, S.Ak & Laila Syahifah Al-Ghasyiyah, S.E.) dan kedua adik (Muhamad Rizal Al Kautsar & Laila Hira An Najmi) yang selalu memberikan doa dan dukungan yang tidak terbatas agar saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Untuk Lara Ardhia Rahma yang selalu mendukung dan membantu selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
10. Buat sahabat – sahabat kelas 4 AEB-2 dan keluarga kontrakan cerdas yang tanpa henti memberikan dukungan dan solusi dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, Agustus 2023

Penulis

ABSTRAK

Sistem kendali awalnya dikerjakan manusia sebagai operator, kini dikendalikan sistem kendali otomatis. Permasalahan ini merupakan tantangan riset berkepanjangan untuk penerapan teori sistem kendali diberbagai bidang. Mahasiswa dengan pemahaman teori sistem kendali akan membantu dalam proses penelitian. Penerapan BBT sebagai media pengujian untuk membantu pemahaman mahasiswa menguasai metode dan masalah sistem kendali. BBT yang dirancang menggunakan metode FLC. Ball joint digunakan sebagai penunjang mekanik dengan kontroler NI myRIO dan NI LabVIEW sebagai *interface*. Penggunaan *ball joint* menghasilkan kemiringan lebih kecil yaitu $7,23^\circ$ dibandingkan kemiringan meja oleh universal joint sebesar 21° , sehingga pada penggunaan ball joint bola lebih mudah untuk dikendalikan. Terdapat 4 titik awal bola diluncurkan dengan 1 titik seimbang pada koordinat (649,343). Getaran pada konstruksi mekanik lebih berpengaruh terhadap *respond time* dibandingkan dengan titik awal bola diluncurkan. Rata-rata *respond time* dari berbagai posisi adalah 14,08 s dengan ketepatan posisi bola pada sumbu x dan y masing-masing sebesar 93,63% dan 90,41%.

Kata kunci: *Ball on plate, Fuzzy Logic Controller, Ball joint, NI myRIO, NI LabVIEW*

ABSTRACT

The control system was originally done by humans as operators, but now it is controlled by automatic control systems. This problem is a long-standing research challenge for the application of control system theory in various fields. Students with an understanding of control system theory will help in the research process. The application of BBT as a testing medium to help students understand control system methods and problems. BBT is designed using the FLC method. Ball joint is used as mechanical support with NI myRIO controller and NI LabVIEW as interface. The use of ball joints produces a smaller slope of 7.23° compared to the slope of the table by the universal joint of 21° , so that in the use of ball joints the ball is easier to control. There are 4 starting points for the ball to be launched with 1 balanced point at coordinates (649,343). Vibration in mechanical construction has more influence on response time than the starting point of the ball launch. The average respond time from various positions is 14.08 s with the accuracy of the ball position on the x and y axes of 93.63% and 90.41%, respectively.

Keywords: Ball on plate, Fuzzy Logic Controller, Ball joint, NI myRIO, NI LabVIEW

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI).....	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvi
I BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang.....	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah.....	I-2
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	I-3
I.5 Sistematika Penulisan.....	I-3
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.1.1 Sistem Kendali	II-1
II.1.2 Sistem Kendali <i>Loop</i> Terbuka.....	II-2
II.1.3 Sistem Kendali <i>Loop</i> Tertutup	II-2
II.1.4 <i>Fuzzy Logic Control</i>	II-3
II.1.5 Himpunan <i>Fuzzy</i>	II-4
II.1.6 Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i>	II-6
II.1.7 Operasi Himpunan <i>Fuzzy</i>	II-7
II.1.8 Sistem Kontrol <i>Fuzzy</i>	II-7
II.1.9 Momen Gaya.....	II-9
II.1.10 Momen Inersia.....	II-9
II.1.11 PWM.....	II-10
II.1.12 <i>Duty Cycle</i>	II-11
II.2 Tinjauan Alat.....	II-12
I.2.1 Controller NI myRIO-1900.....	II-12

I.2.2	<i>Ball Joint</i>	II-14
I.2.3	<i>4-Wire Touch Panel</i>	II-15
I.2.4	Motor Servo	II-16
I.2.5	<i>Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench</i>	II-16
II.3	Studi Penelitian Terdahulu	II-16
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1	Gambaran Umum Sistem	III-1
III.2	Diagram Alir Sistem	III-1
III.3	Metodologi Penelitian	III-3
III.3.1	Studi Literatur	III-3
III.3.2	Analisis Kebutuhan	III-3
III.3.2.1	Interface	III-3
III.3.2.2	Kontroler	III-3
III.3.2.3	<i>Sensor</i>	III-3
III.3.2.4	Motor Servo	III-4
III.3.2.5	<i>Ball Joint</i>	III-4
III.3.2.6	Bola Pejal	III-5
III.3.3	Pemodelan matematika	III-5
III.3.4	Perancangan Sistem	III-8
III.3.4.1	Perancangan Mekanik	III-8
III.3.4.2	Perancangan Elektrik	III-11
III.3.4.3	Perancangan Sistem Informatik	III-12
III.3.4.4	Perancangan <i>Interface</i>	III-13
III.3.4.5	Perancangan Kendali <i>Fuzzy Logic Controller</i>	III-16
III.3.5	Pengujian Sistem	III-53
III.3.5.1	Pengujian Sudut pada Motor Servo	III-53
III.3.5.2	Pengujian Pembacaan <i>Resistive Touchscreen</i>	III-54
III.3.5.3	Pengujian kemiringan meja	III-55
III.3.5.4	Pengujian Ketepatan Posisi Bola	III-56
III.3.5.5	Pengujian Respon Time Penyeimbangan Posisi Bola	III-57
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Hasil Pengujian Sudut Motor Servo	IV-1
IV.2	Hasil Pengujian Pembacaan <i>Resistive Touchscreen</i>	IV-5
IV.3	Hasil Pengujian kemiringan meja	IV-8
IV.4	Hasil Pengujian Ketepatan Posisi Bola	IV-11
IV.5	Hasil Pengujian Respon Time Penyeimbangan Posisi Bola	IV-15

V BAB V PENUTUP	V-1
V.1 Kesimpulan.....	V-1
V.2 Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA.....	xvii
LAMPIRAN.....	20

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Penelitian terdahulu	II-3
Tabel III. 1 Keterangan variabel pada pemodelan matematika.....	III-5
Tabel III. 2 Fungsi Keanggotaan Variabel Input X_r	III-20
Tabel III. 3 Nilai derajat Keanggotaan pada nilai X_r yang diuji.....	III-29
Tabel III. 4 Fungsi Keanggotaan Variabel Input ΔX_r	III-29
Tabel III. 5 Nilai derajat Keanggotaan pada nilai ΔX_r yang diuji.....	III-38
Tabel III. 6 Fungsi Keanggotaan Variabel Output Angle X	III-38
Tabel III. 7 Fuzzy Rule pada sumbu X	III-39
Tabel III. 8 Fungsi Keanggotaan Variabel Input Y_r	III-50
Tabel III. 9. Fungsi keanggotaan variabel input ΔY_r	III-50
Tabel III. 10 Fungasi kenggotaan <i>variabel output angle</i>	III-51
Tabel III. 11. Fuzzy rule pada sumbu Y.....	III-52
Tabel IV. 1 Hasil Pengujian Sudut Motor Servo X.	IV-2
Tabel IV. 2 Hasil Pengujian Sudut Motor Servo Y.	IV-3
Tabel IV. 3 Hasil Pembacaan <i>Resistive Touchscreen</i>	IV-5
Tabel IV. 4 Hasil pembacaan koordinat <i>pointer</i> pada resolusi 1280 x 720	IV-7
Tabel IV. 5 Hasil pembacaan koordinat <i>pointer</i> pada resolusi 1280 x 720	IV-8
Tabel IV. 6 Hasil pengujian kemiringan meja pada servo X	IV-9
Tabel IV. 7 Hasil pengujian kemiringan meja pada servo X	IV-10
Tabel IV. 8 Hasil pengujian kemiringan meja menggunakan universal joint....	IV-11
Tabel IV. 9 Hasil pengujian ketepatan posisi bola.....	IV-12
Tabel IV. 10 Hasil pengujian respon time penyeimbangan posisi bola	IV-15

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Elemen sistem kontrol loop terbuka [24].	II-2
Gambar II. 2 Diagram blok sistem kontrol kecepatan idle loop tertutup [24].	II-3
Gambar II. 3 (a) Respons sistem kontrol kecepatan idle loop terbuka. (b) Respons sistem kontrol kecepatan idle loop tertutup [24].	II-3
Gambar II. 4 Batas himpunan fuzzy [25].	II-5
Gambar II. 5 Jenis fungsi keanggotaan fuzzy: (a) Γ -fungsi; (b) Fungsi-S; (c) fungsi-L; (d) Λ -fungsi; (e) fungsi Gaussian; (f) Π -fungsi [25].	II-6
Gambar II. 6 Sistem kontrol fuzzy [26].	II-8
Gambar II. 7 Pengaturan duty cycle [30].	II-11
Gambar II. 8 Ni myRIO-1900 [23].	II-13
Gambar II. 9 Dimensi dan bagian controller NI MyRio-1900 [23].	II-14
Gambar II. 10 Ball joint	II-15
Gambar II. 11 4-wire touch panel [22].	II-15
Gambar III. 1 Gambaran umum sistem.	III-1
Gambar III. 2 Diagram Alir Sistem.	III-2
Gambar III. 3 Motor Servo HS-5485HB.	III-4
Gambar III. 4 Magna Ball Joint	III-5
Gambar III. 5 Perbandingan respon sistem pemodelan matematika dan pengujian empiris.	III-7
Gambar III. 6 Rancangan Mekanik 3D Ball Balancing Table.	III-8
Gambar III. 7 Rangkaian Elektrik <i>Ball Balancing Table</i> .	III-11
Gambar III. 8 Perancangan Sistem Informatik	III-12
Gambar III. 9 Perancangan <i>Interface Servo Setting</i>	III-13
Gambar III. 10 Perancangan <i>Interface Touchscreen Setting</i>	III-14
Gambar III. 11 Perancangan <i>Interface No Controller</i>	III-15
Gambar III. 12 Perancangan <i>Interface Fuzzy Logic Controller</i> .	III-16
Gambar III. 13 Diagram sistem kendali <i>fuzzy logic controller</i> .	III-16
Gambar III. 14. Fungsi Keanggotaan Bentuk Segitiga dan Trapesium	III-18
Gambar III. 15 Ilustrasi wilayah seimbang bola	III-19
Gambar III. 16 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Input X_r	III-21
Gambar III. 17 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $X_r = 50$.	III-22
Gambar III. 18 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $X_r = 150$.	III-23
Gambar III. 19 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $X_r = 250$.	III-24
Gambar III. 20 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $X_r = 350$.	III-25
Gambar III. 21 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $X_r = 450$.	III-26
Gambar III. 22 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $X_r = 550$.	III-27
Gambar III. 23 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $X_r = -550$	III-28
Gambar III. 24 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Input ΔX_r	III-30
Gambar III. 25 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $\Delta X_r = 7$.	III-31
Gambar III. 26 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $\Delta X_r = 13$.	III-32
Gambar III. 27 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $\Delta X_r = 27$.	III-33
Gambar III. 28 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $\Delta X_r = 65$.	III-34
Gambar III. 29 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $\Delta X_r = 120$.	III-35
Gambar III. 30 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $\Delta X_r = 170$.	III-36
Gambar III. 31 Hasil perhitungan derajat keanggotaan $\Delta X_r = -170$	III-37

Gambar III. 32 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Output Angle X.....	III-39
Gambar III. 33 Kurva Input-Output Fuzzy Pada Sumbu X	III-40
Gambar III. 34 Hasil output fuzzy $X_r = 550$, $\Delta X_r = 170$	III-41
Gambar III. 35 Hasil output fuzzy $X_r = 550$, $\Delta X_r = 7$	III-42
Gambar III. 36 Hasil output fuzzy $X_r = 50$, $\Delta X_r = 170$	III-44
Gambar III. 37 Hasil output fuzzy $X_r = 50$, $\Delta X_r = -170$	III-45
Gambar III. 38. Ilustrasi perhitungan <i>center of area</i>	III-46
Gambar III. 39 Hasil output fuzzy $X_r = 550$, $\Delta X_r = 7$	III-48
Gambar III. 40 Hasil output fuzzy $X_r = -550$, $\Delta X_r = -170$	III-49
Gambar III. 41 Grafik fungsi keanggotaan variabel input Y_r	III-50
Gambar III. 42 Grafik fungsi keanggotaan variabel input ΔY_r	III-51
Gambar III. 43 Grafik fungsi keanggotaan <i>variabel output angle</i>	III-52
Gambar III. 44. Kurva input-output Fuzzy pada sumbu Y	III-53
Gambar III. 45 Diagram alir pengujian sudut pada motor servo	III-54
Gambar III. 46 Diagram alir pengujian pembacaan <i>resistive touchscreen</i>	III-55
Gambar III. 47 Diagram alir pengujian kemiringan meja.....	III-56
Gambar III. 48 Diagram alir pengujian ketepatan posisi bola	III-57
Gambar III. 49 Diagram alir respon time penyeimbangan posisi bola	III-58
 Gambar IV. 1 Tampilan <i>Configurasi</i> PWM.....	 IV-1
Gambar IV. 2 Grafik perubahan sudut servo terhadap duty cycle dengan pendekatan regresi linear.....	IV-2
Gambar IV. 3 Grafik perubahan sudut servo terhadap duty cycle dengan pendekatan regresi linear.....	IV-4
Gambar IV. 4 Ilustrasi sudut motor servo	IV-4
Gambar IV. 5 Ilustrasi Nilai pada Resistive Touchscreen	IV-5
Gambar IV. 6 Pembacaan koordinat sumbu-X max dengan resolusi 1280 x 720	IV-6
Gambar IV. 7 Pembacaan koordinat sumbu-Y max dengan resolusi 1280 x 720	IV-6
Gambar IV. 8 Ilustrasi Nilai koordinat pointer pada resolusi 1280 x 720	IV-7
Gambar IV. 9 Pembacaan koordinat sumbu-X max dengan resolusi 1920 x 1080	IV-8
Gambar IV. 10 Pembacaan koordinat sumbu-Y max dengan resolusi 1920 x 1080	IV-8

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 *Data Sheet* Motor Servo HS-5485HB

Lampiran 2 *Data Sheet Ball Joint*

Lampiran 3 Desain 2D *Ball Balancing Table*

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

V	= beda potensial [Volt]
F	= frekuensi [hz]
t	= waktu [detik]
PWM	= Pulse Width Modulation [ms]
X_b	= Posisi bola pada koordinat X
Y_b	= Posisi bola pada koordinat Y
X_r	= Error posisi bola pada sumbu X
Y_r	= Error posisi bola pada sumbu Y
ΔX_r	= Perubahan error posisi bola pada sumbu X
ΔY_r	= Perubahan error posisi bola pada sumbu Y

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan industri sudah mulai menggantikan pekerjaan manusia di beberapa tahun terakhir[1]. Sistem kendali yang pada awalnya dilakukan oleh manusia sebagai operator kini mulai dikendalikan oleh sistem kendali otomatis. Pada bidang sistem kendali otomatis permasalahan mengendalikan keseimbangan objek yang tidak stabil dan dinamis adalah salah satu yang paling relevan [2]. Permasalahan ini merupakan tantangan riset berkepanjangan untuk penerapan teori sistem kendali di berbagai bidang mulai dari transportasi hingga produksi film. Riset-riset teori kendali untuk objek yang tidak stabil dan dinamis diperlukan untuk menjawab tantangan tersebut. Mahasiswa dengan pemahaman teori sistem kendali dan penerapannya yang baik akan membantu dalam proses penelitian. Penerapan *Ball balancing table* (BBT) sebagai media pengujian untuk membantu pemahaman mahasiswa untuk menguasai metode dan masalah sistem kendali [3]. Oleh karena itu keberadaan BBT diperlukan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa pada bidang sistem kendali.

Kontrol posisi statis dengan menentukan koordinat posisi bola akan distabilkan dan kontrol posisi dinamis dengan pergerakan bola membentuk pola-pola tertentu merupakan 2 masalah yang secara umum sering diteliti pada BBT. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut biasanya digunakan beberapa pengontrol seperti PID klasik yang memerlukan waktu 94,46 detik untuk mencapai set point [4], *fuzzy* dengan penolakan terhadap gangguan 9% lebih tinggi [5], dan *fuzzy*-PID [6]. *Sliding mode control* [7] juga pernah diterapkan pada BBT. Respond sistem PID, *fuzzy* dan *sliding mode control* dibandingkan dalam penelitian ini [8]. Selain itu, *state space feedback* dapat digunakan sebagai algoritma kontrol stabilisasi [9].

Selain pengontrol, penunjang mekanis menjadi hal yang penting dalam BBT. Beberapa penunjang mekanis untuk penopang pelat berupa *resistive touchscreen* [10] yang harus bisa menyesuaikan pergerakan motor servo [11]. Penunjang mekanis seperti *universal joint* [12] adalah mekanik yang paling umum digunakan

dalam penelitian mengenai BBT. Selain itu terdapat bola logam dan cup magnet [3], dan *ball swivel joint* dengan pengontrol PID klasik yang memerlukan waktu 26,4 detik untuk mencapai kestabilan [13]. *ball joint* memiliki prinsip kerja seperti soket bola dan sendi pada pinggul manusia [14]. Dengan prinsip kerja tersebut, *ball joint* dapat berputar di sumbu X, Y, dan Z [15]. Perputaran *ball joint* berkisar pada -41,5 sampai 41,5 derajat pada sumbu X dan Y [16].

Ball balancing table akan membuat posisi bola stabil [17] pada titik yang ditentukan. Penggunaan *ball joint* diusulkan sebagai penunjang mekanis dan penerapan *fuzzy logic control* (FLC) untuk meningkatkan kinerja *Ball balancing table* [18] dengan kontroler NI myRIO dan NI LabVIEW sebagai *interface* untuk menyeimbangkan bola pada posisinya. Dengan masalah menantang dan menarik yang terdapat dalam *Ball balancing table* [19] akan memotivasi [20] mahasiswa untuk mempelajari konsep teori kontrol [21]. *Ball balancing table* ini diharapkan dapat membuat posisi bola stabil selama 2 detik dengan ketepatan posisi bola mencapai 95%.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan, didapat beberapa masalah yang dapat diidentifikasi dengan pertanyaan sebagai berikut.

1. bagaimana konstruksi mekanik dan elektrik yang diusulkan dari *Ball balancing table* ?
2. bagaimana efektivitas penggunaan *ball joint* pada *ball balancing table*?
3. bagaimana rancangan sistem kendali pada *ball balancing table* dengan metode *fuzzy* pada kontroler NI myRIO dengan software Ni LabVIEW?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. rancang bangun *ball balancing table* menggunakan NI myRIO sebagai kontroler dan NI LabVIEW sebagai software serta antarmuka.
2. *ball balancing table* menggunakan metode *fuzzy* untuk menguji sistem untuk mencapai kestabilan bola pada titik yang ditentukan.

3. sensor yang digunakan untuk melacak posisi bola secara *real time* yaitu *4-wire resistive* dan menggunakan motor servo sebagai *output* yang akan mengendalikan kemiringan meja untuk mengontrol posisi bola.
4. sebelum mulai melakukan kendali pada *ball balancing table* pengaturan parameter seperti sudut kemiringan stabil meja, batas atas sudut kemiringan meja, batas bawah sudut kemiringan meja, batas atas *output* motor servo, pembagi nilai sensor, titik koordinat stabil bola, batas atas koordinat bola untuk sumbu X dan sumbu Y, batas bawah koordinat bola untuk sumbu X dan sumbu Y, dan *membership* serta *rules* yang digunakan pada *fuzzy logic control*.
5. resolusi layar yang digunakan adalah 1280 x 720 pixel, hal ini merujuk pada ukuran layar pada hardware yang digunakan relatif kecil yaitu 13.3 inch.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang bangun mekanik, elektrik, informatik dan sistem kendali dari *ball balancing table*. Penggunaan *ball joint* sebagai penunjang mekanik dan metode *fuzzy logic control* diharapkan akan membuat bola stabil pada posisinya selama 2 detik dengan ketepatan posisi bola mencapai 95%. Rancang bangun *ball balancing table* akan bermanfaat sebagai alat bantu praktikum sampai penelitian untuk mahasiswa.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN, berisi rancangan jadwal kegiatan TA dan rincian anggaran biaya untuk penyelesaian TA.