

**IMPLEMENTASI KENDALI *FUZZY* PADA *BALL BALANCING*
TABLE DENGAN KAMERA MENGGUNAKAN METODE
*IMAGE PROCESSING***

Tugas Akhir

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

Oleh

Tamara Bunga Chantika

219441050



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

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:
**Implementasi Kendali *Fuzzy* pada *Ball Balancing Table* dengan
Kamera Menggunakan Metode *Image Processing***

Oleh:
Tamara Bunga Chantika
219441050

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

Bandung, 27 Agustus 2024

Disetujui,

Pembimbing I,



Fitria Suryatini, S.Pd, M.T.
NIP. 198804242018032001

Pembimbing II,



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

Disahkan,

Penguji I,



Nur Wisma Nugraha,
S.T., MT.

NIP.
197406092003121002

Penguji II,



Faisal Abdulrahman
Budikasih S.Tr.,
M.Sc.Eng.
NRP.
223411001

Penguji III,



Nurvanti, S.T., M.Sc
NIP.
197604262009122002

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Tamara Bunga Chantika
NIM : 219441050
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Implementasi Kendali *Fuzzy* pada *Ball Balancing Table* dengan Kamera Menggunakan Metode *Image Processing*

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 : 27 – 08 –2024
Yang Menyatakan,



(Tamara Bunga Chantika)
NIM 219441050

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

Nama : Tamara Bunga Chantika
NIM : 219441050
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Implementasi Kendali *Fuzzy* pada *Ball Balancing Table* dengan Kamera Menggunakan Metode *Image Processing*

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 : 27 – 08 – 2024
Yang Menyatakan,



(Tamara Bunga Chantika)
NIM 219441050

MOTO PRIBADI

Seperti halnya memilih hero yang tepat, dalam penelitian kita harus memilih metode dan pendekatan yang sesuai untuk mencapai hasil terbaik.

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 berlindung 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: “ Implementasi Kendali *Fuzzy* pada *Ball Balancing Table* dengan Kamera Menggunakan Metode *Image Processing*”.

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 Ibu Fitria Suryatini, SPd., M.T., dan Ibu Hilda Khoirunnisa, S.Tr.T., M.Sc.Eng.

5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Nur Wisma Nugraha, S.T., M.T., Bapak Faisal Abdulrahman Budikasih S.Tr., M.Sc.Eng., dan Ibu Nuryanti, S.T., M.Sc.
6. Panitia tugas akhir Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika dan Politeknik Manufaktur Bandung
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibunda Enny Asnita dan Zulirman yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk ketiga adik (Alvin Claydino Ramadhan, Lovely Putricia Chika & Fantastic Verrel Junio) yang selalu memberikan doa dan dukungan yang tidak terbatas agar saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Untuk Muhammad Ikhsan Fadhil yang tanpa henti memberikan dukungan dan solusi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
10. Buat kelas 4 AEB-2 dan teman-teman lainnya yang selalu mendukung proses 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. Aamiiin Ya Robbal Alamin..

Bandung, Agustus 2024

Penulis



ABSTRAK

Ball Balancing Table (BBT) diterapkan sebagai media didaktik untuk membantu mahasiswa mempelajari sistem kendali. BBT ini dirancang menggunakan metode *image processing* dengan kamera *webcam* untuk menjaga akurasi data, memberikan dampak positif signifikan dalam pembelajaran, dan membantu mahasiswa menguasai sistem kendali pada plant. Adapun *fuzzy logic* sebagai penentu *rules* untuk *ball balancing table*. Penelitian ini mengatasi masalah dengan mengimplementasikan *image processing* menggunakan kamera untuk mendeteksi posisi bola secara *real-time*. Kamera dipasang di atas plant untuk menangkap gambar bola dan permukaan meja, menggunakan algoritma deteksi tepi untuk melacak posisi bola secara akurat. Selanjutnya, data posisi dikirim ke sistem berbasis *fuzzy logic* untuk menyesuaikan kemiringan *platform* dan menjaga bola tetap di posisi yang diinginkan. Metodologi penelitian meliputi kalibrasi kamera, pengembangan algoritma deteksi citra, dan pengujian sistem BBT berbasis umpan balik, diuji dalam berbagai skenario untuk mengevaluasi kinerja algoritma dalam kondisi berbeda, termasuk variasi kecepatan dan arah pergerakan bola. Sistem *Ball Balancing Table* dengan kamera dan metode pemrosesan citra mampu mendeteksi posisi bola dengan memanfaatkan RGB-Red Plane dan HSV-Value Plane untuk kontras optimal antara pelat dan objek. Pengujian menunjukkan bahwa kecepatan pergerakan bola sangat dipengaruhi oleh posisi awal koordinat x dan y bola serta sudut kemiringan meja. Pada kasus tertentu yaitu posisi $X = 50$ dan $Y = 78$, dengan kemiringan meja sebesar $4,69^\circ$, bola memerlukan waktu 0,6 detik untuk mencapai titik keseimbangan. Sedangkan, pada posisi $X = 100$ dan $Y = -27$, dengan kemiringan $5,00^\circ$, bola membutuhkan waktu 0,8 detik untuk stabil. Ketika bola berada jauh dari titik pusat, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai keseimbangan cenderung lebih lama. Namun, dengan peningkatan sudut kemiringan meja, sistem dapat mempercepat proses stabilisasi bola. Secara keseluruhan, BBT menunjukkan bahwa sistem yang dirancang dapat menjaga stabilitas pada rentang yang ditentukan yaitu dengan jarak 220 mm dari titik koordinat (0,0) untuk sumbu x dan dengan jarak 120 mm dari titik koordinat (0,0) untuk sumbu y.

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

ABSTRACT

Ball Balancing Table (BBT) is used as a didactic tool to help students learn control systems. The BBT is designed using image processing methods with a webcam to maintain data accuracy, providing a significant positive impact on learning and helping students master control systems on the plant. Fuzzy logic is employed to determine the rules for the ball balancing table. This research addresses the problem by implementing image processing using a camera to detect the ball's position in real-time. The camera, mounted above the plant, captures images of the ball and the table surface, utilizing edge detection algorithms to track the ball's position accurately. Subsequently, the position data is sent to a fuzzy logic-based system to adjust the platform's tilt and keep the ball in the desired position. The research methodology includes camera calibration, development of image detection algorithms, and testing of the feedback-based BBT system under various scenarios to evaluate the algorithm's performance under different conditions, including variations in ball speed and direction. The Ball Balancing Table system with a camera and image processing method is capable of detecting the ball's position by utilizing the RGB-Red Plane and HSV-Value Plane to achieve optimal contrast between the plate and the object. Tests show that the ball's movement speed is significantly influenced by the initial X and Y coordinates of the ball as well as the table's tilt angle. In a specific case, when the ball is at position $X = 50$ and $Y = 78$, with a table tilt angle of 4.69° , the ball takes 0.6 seconds to reach equilibrium. Meanwhile, at position $X = 100$ and $Y = -27$, with a tilt angle of 5.00° , the ball takes 0.8 seconds to stabilize. When the ball is far from the center, the time required to reach balance tends to be longer. However, by increasing the table's tilt angle, the system can speed up the ball's stabilization process. Overall, the BBT system demonstrates that the designed system can maintain stability within the specified range, with a distance of 220 mm from the coordinate (0,0) on the X -axis and a distance of 120 mm from the coordinate (0,0) on the Y -axis.

Keywords: Ball on plate, Fuzzy Logic, 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
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xv
I. BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-3
I.5 Sistematika Penulisan	I-4
II. BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.2 Tinjauan Alat	II-13
II.2.1 Controller NI MyRio-1900	II-13
II.2.2 <i>Ball Joint</i>	II-15
II.2.3 Kamera	II-16
II.2.4 Motor Servo	II-17
II.2.5 <i>Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench</i>	II-17
II.3 Studi Penelitian Terdahulu	II-18
III. BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1 Studi Literatur	III-2
III.2 Analisis Kebutuhan	III-3
III.3 Desain Sistem	III-3
III.3.1 Gambaran Umum Sistem	III-3
III.3.2 Perancangan Mekanik	III-5
III.3.3 Perancangan Elektrik	III-6

III.3.4 Perancangan dan Pengukuran Gaya Motor	III-7
III.3.5 Perancangan <i>Image Processing</i>	III-9
III.3.6 Perancangan Logika <i>Fuzzy</i>	III-10
III.4 Implementasi Sistem <i>Ball Balancing Table</i>	III-15
III.4.1 Implementasi Program Motor Pada <i>Labview</i>	III-15
III.4.2 Implementasi Pengolahan Citra Digital pada <i>Labview</i>	III-16
III.4.3 Implementasi Kendali <i>Fuzzy</i> pada <i>Labview</i>	III-17
III.5 Pengujian Sistem <i>Ball Balancing Table</i>	III-18
III.5.1 Pengujian <i>Color Plane Extraction</i>	III-19
III.5.2 Pengujian Kalibrasi Kamera	III-19
III.5.3 Pengujian Pengubahan Nilai Posisi Bola	III-19
III.5.4 Pengujian <i>Manual Setting</i>	III-19
III.5.5 Pengujian Hasil Sudut Motor Servo	III-19
III.5.6 Pengujian Hasil Kecepatan Bola	III-20
III.5.7 Pengujian Kemiringan Meja	III-20
III.6 Analisa dan Pembahasan	III-20
III.7 Kesimpulan	III-21
IV. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1 Pengujian <i>Color Plane Extraction</i>	IV-1
IV.2 Pengujian Hasil Kalibrasi Kamera	IV-2
IV.3 Pengujian Perubahan Nilai Posisi Bola	IV-4
IV.4 Pengujian Hasil <i>Manual Setting</i>	IV-7
IV.5 Pengujian Hasil Sudut pada Motor Servo	IV-9
IV.6 Pengujian Hasil Kemiringan Bola	IV-11
IV.7 Pengujian Stabilitas <i>Fuzzy</i>	IV-14
IV.8 Pengujian Hasil Kecepatan Bola	V-15
V. BAB V PENUTUP	V-1
V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran	V-1
VI. DAFTAR PUSTAKA	xvi
LAMPIRAN	xx

DAFTAR TABEL

Tabel IV. 1 Pengujian color plane extraction	IV-1
Tabel IV. 2 Rata-rata error pengujian kalibrasi titik 0	IV-4
Tabel IV. 3 Hasil Pengujian Posisi Bola	IV-6
Tabel IV. 4 Hasil Pengujian Manual Setting.	IV-8
Tabel IV. 5 Hasil Pengujian Sudut Motor Servo X.	IV-9
Tabel IV. 6 Hasil Pengujian Sudut Motor Servo X.	IV-10
Tabel IV. 7 Hasil pengujian kemiringan meja pada servo X	IV-12

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Sistem kendali.....	II-1
Gambar II. 2 Sistem kontrol loop terbuka [30].	II-2
Gambar II. 3 Sistem kontrol loop tertutup [31].	II-3
Gambar II. 4 Fungsi keanggotaan segitiga [15]	II-7
Gambar II. 5 Fungsi keanggotaan trapezium [15]	II-8
Gambar II. 6 Sistem kontrol fuzzy [15].	II-9
Gambar II. 7 Sinyal PWM dan persamaan V_{out} PWM	II-11
Gambar II. 8 Dimensi NI-myRIO [23].	II-15
Gambar II. 9 <i>Ball joint</i> [24].....	II-15
Gambar II. 10 Kamera.....	II-16
Gambar III. 1 Tahapan Penelitian	III-1
Gambar III. 2 Gambaran Umum Sistem	III-3
Gambar III. 3 Diagram alir penyeimbangan bola	III-4
Gambar III. 4 Gambar Perancangan Mekanik	III-5
Gambar III. 5 <i>User Interface</i> dari Program Motor.....	III-8
Gambar III. 6 Blok Diagram Program Motor	III-16
Gambar III. 7 Diagram Alir Pengolahan Citra Digital.....	III-9
Gambar III. 8 <i>User Interface</i> Pengolahan Citra Digital	III-10
Gambar III. 9 Blok diagram pengolahan citra digital	III-16
Gambar III. 10 Diagram Sistem Kendali Fuzzy Logic	III-10
Gambar III. 11 <i>Membership Input X</i>	III-12
Gambar III. 12 <i>Membership Input Y</i>	III-13
Gambar III. 13 <i>Membership Output Sudut Servo 1 (X)</i>	III-13
Gambar III. 14 <i>Membership Output Servo 2 (Y)</i>	III-14
Gambar III. 15 (a) <i>Rules Decision Making</i> untuk Koordinat X (b) Grafik <i>Rules</i> dari Logika Fuzzy Digunakan untuk Koordinat X (c) <i>Rules Decision Making</i> untuk Koordinat Y (d) Grafik <i>Rules</i> dari Logika Fuzzy Digunakan untuk Koordinat Y.....	III-14
Gambar III. 16 <i>User Interface</i> Logika Fuzzy	III-15
Gambar III. 17 Blok Diagram Logika Fuzzy	III-17

Gambar IV. 1 Pengujian Kalibrasi titik 0 ke-1	IV-2
Gambar IV. 2 Pengujian Kalibrasi titik 0 ke-2	IV-3
Gambar IV. 3 Hasil pengujian Kalibrasi titik 0	IV-3
Gambar IV. 4 Grafik pengujian kalibrasi titik 0	IV-4
Gambar IV. 5 Grafik respon perubahan nilai koordinat bola pada sumbu X	IV-5
Gambar IV. 6 Grafik respon perubahan nilai koordinat bola pada sumbu Y	IV-5
Gambar IV. 7 Grafik respon perubahan nilai koordinat bola pada sumbu X	IV-6
Gambar IV. 8 Hasil Pengujian Posisi Bola	IV-7
Gambar IV. 9 Grafik hasil uji coba pertama kendali logika <i>fuzzy</i>	IV-7
Gambar IV. 10 Hasil Pengujian Manual Setting.....	IV-8
Gambar IV. 11 Hasil Pengujian Error sudut X	IV-10
Gambar IV. 12 Grafik perubahan Error sudut servo Y	IV-11
Gambar IV. 13 Grafik pengujian kemiringan meja pada servo	IV-12

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran. 1	Data Sheet Motor Servo HS-5485HB	xx
Lampiran. 2	Data Sheet Ball Joint	xxi
Lampiran. 3	Data Sheet Webcam	xxii

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

I = arus listrik [Ampere]

E = beda potensial [Volt]

R = resistansi [Ohm]

G = berat logam terdeposisi [gram]

t = waktu [detik]

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Ball Balancing Table merupakan alat didaktik yang menunjang proses pelaksanaan pendidikan [1] sebagai indikator kejayaan bangsa [2] pada kasus menyeimbangkan sebuah objek yang digunakan sebagai pengevaluasi efektivitas dan kinerja algoritma kontrol untuk sistem dinamis [3]. *Ball Balancing Table* menggerakkan bola yang ada di atas *plate* menggunakan kamera sebagai input posisi bola dan motor servo sebagai output agar didapatkan pola gerakan yang sesuai instruksi tanpa menjatuhkan bola dengan sistem 2-DOF [4]. Kamera digunakan sebagai *input* agar dapat mengidentifikasi objek berupa gambar maupun video [5]. Pada BBT kamera berfungsi untuk mendapatkan *feed-back* mengenai posisi bola agar diperoleh keakuratan keseimbangan dari *Ball Balancing Table* [6]. Pengolahan citra atau *Image processing* merupakan teknik analisis serta manipulasi citra agar dapat memperbaiki kualitas citra sehingga komputer dapat melakukan deteksi terhadap sebuah objek dengan mudah [7]. Adapun informasi yang dibutuhkan berupa citra yang memiliki interpretasi berbeda-beda oleh manusia, diantaranya yaitu citra analog (berasal dari mata manusia maupun kamera analog) dan citra digital [8]. Pada citra digital jenis citra terbagi menjadi tiga yaitu citra biner (citra monokrom), citra berskala keabuan (*grayscale*) dan citra warna [9].

Alat didaktik ini tentunya membutuhkan metode sistem kendali yang sesuai, diantaranya terdapat beberapa pilihan yaitu *fuzzy control* [10], *PID control* [11], *fuzzy-PID control* [12], *robust control* [13], *optimal control* [14], *neural control* [15] dan *decentralized control* [16]. Sejumlah besar penelitian telah dilakukan sampai saat ini, hingga ditemukan bahwa stabilisasi [17] atau masalah keseimbangan merupakan salah satu hal yang sangat erat kaitannya dengan sistem BBT. Maka dari itu, metode kontrol PID konvensional dapat digunakan untuk sistem BBT sebagai pengendali keseimbangan [18]. Namun, pada pengaplikasiannya kontrol PID tidak memberikan hasil yang maksimal untuk

sistem kontrol non-linier, sehingga akan memakan waktu lebih untuk mendapatkan sistem yang kompleks yaitu 94,46 detik [19]. Sehingga *fuzzy logic control* lebih efektif digunakan karena dapat diterapkan secara luas baik pada pengelolaan teknis sebuah sistem maupun kehidupan sehari-hari [20]. Pemanfaatan citra kamera dalam mengidentifikasi pergerakan bola juga banyak dilakukan dengan menggunakan Fuzzy Logic Control pada *labview* dan *NI Myrio*[21].

Dari segi desain mekanis, BBT sendiri memiliki sistem yang terdiri dari bola dan meja yang digerakkan secara dua dimensi menggunakan dua motor untuk mengendalikan kemiringan meja [22]. Adapun salah satu penelitian yang menggunakan stepper motor untuk mengarahkan kemiringan plate dan perubahan sudut putar [23]. Namun, penggunaan servo motor akan lebih menjaga keakuratan hasil yang diinginkan. Dikarenakan, algoritma kendali servo harus cukup cepat agar kecepatan pembiasaan kamera dapat terkejar tanpa menurunkan performa seluruh sistem [24].

Secara keseluruhan sistem bekerja dengan melakukan filterisasi terhadap gambar mentah yang telah diambil dari kamera yang dilanjutkan dengan pengoperasian matematika, maka objek dapat dilacak dan dideteksi. Setelah gambar diproses, informasi yang diperlukan akan dihitung untuk mengontrol motor servo. Lalu, sistem mencoba menstabilkan bola dengan memperbarui informasi yang telah didapat dari kamera [25]. Penelitian ini memberikan pembelajaran bahwa penggunaan *Fuzzy Control* merupakan pilihan yang tepat karena dapat membantu meminimalisir error sebesar 64% [26] ketika proses penyeimbangan *plate* berjalan. Selain itu, dengan adanya penggunaan kamera dengan metode *image processing* dapat menguji kepresisian karena memproses gambar dengan *color threshold* [27]. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk membantu proses pembelajaran mahasiswa menggunakan alat didaktik *Ball Balancing Table* menggunakan kamera dengan metode *image processing*.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, terdapat masalah yang dapat diidentifikasi dalam beberapa pertanyaan berikut.

- a. Bagaimana perancangan *image processing* untuk mendeteksi objek pada *Ball Balancing Table*?
- b. Bagaimana mengimplementasikan *image processing* pada *Ball Balancing Table*?
- c. Bagaimana mengimplementasikan sistem kendali untuk *plant ball balancing table* dengan menggunakan metode *Fuzzy* pada perangkat LabVIEW dan NI MyRIO?

I.3 Batasan Masalah

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

1. Keberhasilan sistem dilihat dari ketepatan dan keakuratan kamera menangkap informasi posisi bola untuk di proses oleh sistem kendali dari Ball Balancing Table.
2. Kamera yang digunakan adalah kamera webcam dengan resolusi kamera 1080p 30 fps.
3. Parameter keakuratan area kamera agar bola tidak jatuh keluar dari garis yang telah ditentukan pada kamera.
4. Bola yang digunakan memiliki massa 20 gram.
5. Bola stabil pada sumbu x dengan jarak 200 mm dari titik koordinat (0,0) dan sumbu y dengan jarak 120 mm dari titik koordinat (0,0).

I.4 Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan rumusan masalah, maka dapat diketahui bahwa tujuan dari tugas akhir sebagai berikut :

1. Merancang Image Processing untuk Deteksi Objek: Merancang sistem image processing yang mampu mendeteksi objek pada Ball Balancing Table secara akurat dan efisien.
2. Implementasi Image Processing pada Ball Balancing Table: Mengimplementasikan sistem image processing pada Ball Balancing Table untuk memastikan deteksi objek yang stabil dan konsisten.
3. Implementasi Sistem Kendali dengan Metode Fuzzy: Mengimplementasikan sistem kendali untuk Ball Balancing Table menggunakan metode Fuzzy pada perangkat

LabVIEW dan NI MyRIO, dengan tujuan mencapai stabilitas dan keseimbangan bola pada posisi yang diinginkan.

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.