

**RANCANG BANGUN *TRAINER MODULE* UNTUK SISTEM
SORTING CONVEYOR DENGAN *VIRTUAL PLANT* BERBASIS
UNITY3D**

Tugas Akhir

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

Oleh

Wirdiyan Dzakwan Hanif

221341047



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

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Rancang Bangun *Trainer Module* untuk Sistem *Sorting Conveyor* dengan
Virtual Plant Berbasis Unity3D**

Oleh:

Wirdiyana Dzakwan Hanif

221341047

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

Bandung, 08 Agustus 2025

Disetujui,

Pembimbing I,



Sandy Bhawana Mulia, S.Pd., M.T.
NIP. 198611052019031009

Pembimbing II,



Danu Jaya Saputro, S.T., M.Sc.
NIP. 199204092025061005

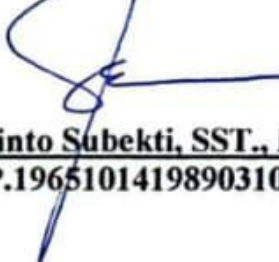
Disahkan,

Penguji I,



Ismail Rokhim, S.T., M.T.
NIP.197002161993031001

Penguji II,



Ruminto Subekti, SST., MT.
NIP.196510141989031002

Penguji III,



Cepi Ramdani, S.Kom., M.Eng.
NIP. 198904182024061004

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Wirdiyan Dzakwan Hanif
NIM : 221341047
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur Dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun *Trainer Module* untuk Sistem *Sorting Conveyor* dengan *Virtual Plant* Berbasis Unity3D

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 : 30 – Juli – 2025
Yang Menyatakan,



(Wirdiyan Dzakwan Hanif)
NIM 221341047

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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


Nama : Wirdiyan Dzakwan Hanif
NIM : 221341047
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur Dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun *Trainer Module* untuk Sistem *Sorting Conveyor* dengan *Virtual Plant* Berbasis Unity3D

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 Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif 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 : 30 – Juli – 2025
Yang Menyatakan,


(Wirdiyan Dzakwan Hanif)
NIM 221341047

MOTO PRIBADI

Perjalanan ini mengajarkan bahwa ada dunia yang bisa kita rancang dalam pikiran, sebuah simulasi ideal. Namun, ada pula dunia nyata yang penuh tantangan, sebuah perangkat keras yang harus ditaklukkan. Keduanya tidak akan pernah selaras tanpa logika yang jernih dan data yang jujur. Bukan tentang memaksa kenyataan agar sesuai dengan angan, melainkan tentang membangun jembatan di antara keduanya dengan sabar dan teliti.

"Sinkronisasi Nyata, Analisis Tajam: Menjembatani Dunia Fisik dan Virtual dengan Data yang Berbicara."

Karya sederhana ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya tercinta, Ayah dan Ibu, yang tiada henti mengiringi langkah dengan doa dan pengorbanan.

Untuk keluarga besar yang selalu menjadi sumber kekuatan, para sahabat seperjuangan yang tulus mendukung, serta semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan perjalanan ini.

Semoga setiap lelah yang tercurah menjadi ladang berkah dan pemberat timbangan kebaikan.

Jazakumullahu Khairan Katsiran.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta 'ala, yang dengan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul: “Rancang Bangun *Trainer Module* untuk Sistem *Sorting conveyor* dengan *Virtual Plant* Berbasis Unity3D” dengan baik dan tepat waktu.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat penulis untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak akan terwujud tanpa adanya bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengutarakan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Darma Firmansyah Undayat, S.ST., M.T., selaku Direktur Politeknik Manufaktur Bandung.
2. Bapak Ridwan, S.ST., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika.
3. Bapak Adhitya Sumardi Sunarya S.Si, M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika.
4. Bapak Sandy Bhawana Mulia, S.Pd., M.T. dan Bapak Danu Jaya Saputro, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan arahan, ilmu, dan motivasi yang tak ternilai selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Ismail Rokhim, S.T., M.T., Bapak Ruminto Subekti, SST., MT., dan Bapak Cepi Ramdani, S.Kom., M.Eng.
6. Orang tua dan keluarga tercinta, yang senantiasa memberikan doa hingga dukungan moral yang tiada henti.
7. Rekan-rekan seperjuangan dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bantuan, semangat, dan kebersamaannya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga karya tulis ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang otomasi dan teknologi

Bandung, 30 Juli 2025

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Wirdiyan Dzakwan Hanif', written in a cursive style.

Wirdiyan Dzakwan Hanif

ABSTRAK

Perkembangan Industri 4.0 menuntut kompetensi yang melampaui penguasaan PLC konvensional, yaitu pemahaman sistem otomasi yang terintegrasi secara fisik dan virtual. Penelitian ini bertujuan untuk menjawab tantangan tersebut dengan merancang bangun sebuah trainer module untuk sistem *sorting conveyor* yang mengintegrasikan kontroler PLC fisik dengan representasi virtualnya berbasis Unity3D. Metode yang digunakan adalah menghubungkan PLC dengan *virtual plant* melalui arsitektur komunikasi FINS, Node-RED, dan MQTT untuk mencapai sinkronisasi real-time dalam simulasi penyortiran benda metal dan non-metal. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mencapai akurasi penyortiran 80% pada berbagai kecepatan. Pengujian latensi membuktikan bahwa sistem dapat berjalan mendekati real-time dengan total waktu tunda rata-rata dari PLC hingga aksi di Unity3D adalah 391.25ms. Selain itu, validasi kontrol analog menunjukkan adanya hubungan proporsional antara input potensiometer fisik dengan kecepatan konveyor virtual, membuktikan keberhasilan sistem ini sebagai media pembelajaran yang interaktif dan informatif.

Kata kunci: PLC, MQTT, FINS Protocol, Media Pembelajaran

ABSTRACT

The evolution of Industry 4.0 demands competencies that transcend conventional PLC mastery, requiring an understanding of automation systems that are both physically and virtually integrated. This research aims to address this educational challenge by designing and building a trainer module for a sorting conveyor system that integrates a physical PLC controller with its virtual representation based on Unity3D. The method used connects the PLC with the virtual plant through a FINS, Node-RED, and MQTT communication architecture to achieve real-time synchronization in simulating the sorting of metal and non-metal objects. The test results show that the system achieved 80% sorting accuracy at various speeds. Latency testing proved that the system can operate in near real-time with an average total delay from the PLC to the action in Unity3D of 391.25ms. Furthermore, the analog control validation shows a proportional relationship between the physical potentiometer input and the virtual conveyor speed, proving the success of this system as an interactive and informative learning medium.

Keywords: PLC, MQTT, FINS Protocol, Learning Media

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 GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
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-2
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.1.1 Virtual Plant	II-1
II.1.2 Sorting Conveyor	II-1
II.1.3 Ladder Logic/Diagram	II-2
II.1.4 Bahasa Pemrograman C#	II-3
II.1.5 Node-RED.....	II-4
II.1.6 MQTT	II-4
II.1.7 FINS Protocol.....	II-5
II.2 Tinjauan Alat.....	II-6
II.2.1 PLC OMRON CP1H-XA40DT-D	II-6
II.2.2 Conveyor Belt	II-7
II.2.3 Silinder pneumatik	II-7
II.2.4 Katup Solenoid.....	II-8
II.2.5 Sensor Inframerah	II-9
II.2.6 Sensor Proximity Induktif.....	II-9

II.2.7	Motor Driver L298N	II-10
II.2.8	Motor DC	II-11
II.2.9	Integrated Circuit (IC) 74HC04	II-11
II.2.10	Unity3D.....	II-12
II.2.11	Visual Studio Code	II-13
II.2.12	Trainer Module.....	II-13
II.3	Studi Penelitian Terdahulu.....	II-14
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1	Metodologi Penelitian	III-1
III.2	Identifikasi dan Analisis Kebutuhan	III-1
III.3	Perancangan Arsitektur Sistem	III-2
III.4	Implementasi Elemen Sistem.....	III-5
III.4.1	Sistem Mekanik.....	III-5
III.4.2	Sistem Elektrik.....	III-9
III.4.3	Sistem Informatika	III-11
III.5	Integrasi dan Verifikasi Sistem	III-12
III.6	Validasi dan Transisi.....	III-14
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Implementasi Elemen Sistem.....	IV-1
IV.1.1	Implementasi Sistem Mekanik.....	IV-1
IV.1.2	Implementasi Sistem Elektrik	IV-4
IV.1.3	Implementasi Sistem Informatika	IV-5
IV.2	Pengujian Sistem.....	IV-6
IV.2.1	Pengujian Waktu Respon (<i>Latency Delay</i>)	IV-6
IV.2.2	Pengujian Ketepatan Sortir	IV-13
IV.2.3	Pengujian Ketepatan Data Analog	IV-16
IV.2.4	Pengujian Antarmuka.....	IV-19
V	BAB V PENUTUP	V-1
V.1	Kesimpulan	V-1
V.2	Saran.....	V-1
	DAFTAR PUSTAKA	xvi
	LAMPIRAN.....	xx

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Integrasi Model Sub-sistem <i>Virtual Plant</i> [19]	II-1
Gambar II.2 Contoh Diagram Skematis Sistem <i>Sorting Conveyor</i> [20].....	II-2
Gambar II.3 Contoh Satu Rung pada Ladder Diagram [21]	II-3
Gambar II.4 Program ” <i>Hello World</i> ” menggunakan bahasa C# [22]	II-3
Gambar II.5 Contoh Alur Pertukaran Data pada Node-RED [23].....	II-4
Gambar II.6 Arsitektur MQTT [25].....	II-5
Gambar II.7 Arsitektur Komunikasi FINS [27]	II-5
Gambar II.8 PLC OMRON CP1H-XA40DT-D [29].....	II-6
Gambar II.9 Interface CX-Programmer	II-6
Gambar II.10 Model <i>Conveyor Belt</i> Mini	II-7
Gambar II.11 <i>Single Acting Pneumatic Cylinder</i> [31].....	II-8
Gambar II.12 <i>Solenoid Valve</i> 3 Katup [33].....	II-8
Gambar II.13 Module Sensor Inframerah [36]	II-9
Gambar II.14 Sensor Proximity Induktif [39].....	II-10
Gambar II.15 <i>Motor Driver</i> L298N [41].....	II-10
Gambar II.16 IC 74HC04 Pinout [43].....	II-12
Gambar II.17 Interface Unity3D	II-12
Gambar II.18 Interface Visual Studio Code.....	II-13
Gambar II.19 <i>Trainer Module</i> [47]	II-14
Gambar III.1 <i>V-Diagram</i> Metodologi VDI2206 [54]	III-1
Gambar III.2 Gambaran Umum Sistem	III-3
Gambar III.3 <i>Flowchart</i> Simulasi Sistem	III-3
Gambar III.4 <i>Flowchart</i> Simulasi Proses <i>Sorting</i>	III-4
Gambar III.5 <i>Flowchart</i> Simulasi Komunikasi PLC-Unity3D.....	III-5
Gambar III.6 Desain Antarmuka <i>Trainer Module</i>	III-6
Gambar III.7 Desain Antarmuka <i>Control Box Conveyor</i>	III-6
Gambar III.8 Desain Acuan dan Dimensi <i>Conveyor</i>	III-7
Gambar III.9 Desain <i>Conveyor Belt</i> Fisik.....	III-7
Gambar III.10 Desain <i>Conveyor Belt</i> Virtual	III-8
Gambar III.11 Rangkaian Elektrik <i>Trainer Module</i>	III-10
Gambar III.12 Rangkaian Elektrik <i>Control Box Conveyor</i>	III-11

Gambar III.13 Rancangan Sistem Komunikasi Antar PLC dan Unity3D	III-12
Gambar IV.1 Implementasi Mekanik Trainer Module	IV-1
Gambar IV.2 Implementasi Mekanik <i>Control Box Conveyor</i>	IV-2
Gambar IV.3 Tampilan <i>Control Box Conveyor</i> Bagian Solenoid Valve	IV-2
Gambar IV.4 Implementasi Mekanik <i>Conveyor Fisik</i>	IV-2
Gambar IV.5 Implementasi Mekanik <i>Conveyor Virtual</i>	IV-3
Gambar IV.6 Implementasi <i>Wiring Control Box Conveyor</i>	IV-4
Gambar IV.7 Implementasi <i>Wiring Trainer Module</i>	IV-4
Gambar IV.8 Antarmuka Pemograman Unity3D	IV-5
Gambar IV.9 Node untuk Membaca <i>Address PLC</i> pada Node-RED	IV-6
Gambar IV.10 Grafik Sebaran Latensi RTT PLC ke Node-RED	IV-7
Gambar IV.11 Grafik Latensi Jaringan Node-RED ke Unity3D	IV-9
Gambar IV.12 Grafik Latensi Pemrosesan Internal Unity3D	IV-11
Gambar IV.13 Visualisasi Latensi Jaringan Total	IV-12
Gambar IV.14 Grafik Hubungan Data Analog	IV-18

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Penelitian Terdahulu.....	II-14
Tabel III.1 Kebutuhan Sistem pada Sistem <i>Sorting Conveyor</i>	III-2
Tabel III.2 Fungsi dan <i>Address</i> Komponen	III-9
Tabel III.3 Rencana Verifikasi Fungsional Elemen Sistem.....	III-13
Tabel III.4 Validasi terhadap Kebutuhan Sistem	III-14
Tabel IV.1 Uji Respon Latensi Jaringan PLC ke Node-RED.....	IV-6
Tabel IV.2 Uji Respon Latensi Jaringan Node-RED ke Unity3D	IV-8
Tabel IV.3 Uji Respon Latensi Pemrosesan Internal Unity3D	IV-10
Tabel IV.4 Acuan Parameter Keberhasilan Sistem Penyortiran	IV-13
Tabel IV.5 Hasil Pengujian Ketepatan Sortir (Kecepatan Terendah)	IV-14
Tabel IV.6 Keterangan <i>Error</i> pada Pengujian Kecepatan Terendah	IV-15
Tabel IV.7 Hasil Pengujian Ketepatan Sortir (Kecepatan Tertinggi)	IV-15
Tabel IV.8 Keterangan <i>Error</i> pada Pengujian Kecepatan Tertinggi.....	IV-16
Tabel IV.9 Parameter Pengukuran pada Pengujian Kontrol Analog	IV-17
Tabel IV.10 Data Pengujian Kontrol Kecepatan Analog.....	IV-17
Tabel IV.11 Pengujian Antarmuka	IV-19

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Spesifikasi PLC OMRON CP1H

Lampiran 2 : Spesifikasi L298N Motor Driver

Lampiran 3 : Spesifikasi IC 74HC04

Lampiran 4 : Script Unity3D

Lampiran 5 : Diagram Node-RED

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

PLC	: <i>Programmable Logic Controller</i>
MQTT	: <i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
FINS	: <i>Factory Interface Network Service</i>
RTT	: <i>Round-Trip Time</i>
I/O	: <i>Input/Output</i>
IR	: <i>Infrared</i>
PWM	: <i>Pulse Width Modulation</i>

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Otomasi industri, yang ditopang oleh sistem kontrol dan teknologi informasi, telah menjadi pilar utama sektor manufaktur [1]. Sejalan dengan itu, dunia pendidikan dituntut untuk membekali siswa dengan pemahaman mekatronika, di mana penggunaan *physical plant* berbasis Programmable Logic Controller (PLC) menjadi media pembelajaran krusial untuk penyiapan tenaga kerja [2], [3]. Namun, transisi menuju Industri 4.0 menuntut PLC untuk berkembang dari perangkat yang berdiri sendiri menjadi layanan sistem produksi yang lebih cerdas dan efisien (*smart service*) [4]. Tuntutan ini menciptakan keterkaitan langsung antara perintah berbasis data dengan pergerakan fisik secara real-time [5], sekaligus mengungkapkan perbedaan kesenjangan kompetensi yang signifikan antara lulusan jalur formal dengan kebutuhan industri modern [6].

Virtual plant, atau simulasi fasilitas industri berbasis komputer, merupakan salah satu solusi modern yang memungkinkan simulasi manufaktur yang aman dan efisien [7], serta mampu mengatasi keterbatasan simulasi konvensional yang membutuhkan *maintenance* berkala dan kurang efisien [8], [9]. Di samping itu, penerapan modul pembelajaran interaktif telah terbukti efektif dalam meningkatkan proses belajar dan keterlibatan siswa, terutama dalam membantu pemahaman materi teori dengan menjadikannya lebih jelas dan mudah dipahami [10], [11]. Meskipun demikian, interaksi fisik tetap penting untuk memberikan pemahaman mendalam tentang aspek teknis krusial seperti pengkabelan dan analisis perangkat keras, yang tidak dapat diperoleh hanya dari simulasi [9], [12].

Meskipun beberapa penelitian telah mengkaji *virtual plant* yang dikendalikan PLC [13], [14], fokusnya sering kali terbatas pada interaksi dengan unit PLC saja, sementara komponen tambahannya tetap virtual [8], [9]. Keterbatasan ini menyebabkan pengalaman belajar menjadi tidak nyata, karena berisiko menciptakan pemahaman keliru di mana mahasiswa mahir dalam logika program namun gagal menghadapi masalah fisik seperti kalibrasi sensor atau analisis

gangguan aktuator [15]. Akibatnya, kemampuan penting dalam *troubleshooting* fisik, yang merupakan kompetensi inti dalam mekatronika, menjadi tidak terasah [15].

Oleh karena itu, untuk mengisi kesenjangan tersebut penelitian ini berfokus pada langkah fundamental pertama untuk merancang, membangun, dan memvalidasi kelayakan teknis dari sebuah trainer module semi-fisik. Sistem yang dikembangkan adalah *sorting conveyor* fisik yang operasinya divisualisasikan secara real-time pada antarmuka digital. Pemilihan *sorting conveyor* didasarkan pada penggunaannya yang luas di berbagai lini produksi industri, menjadikannya studi kasus yang relevan dan representatif [16]. Selain itu, sistem ini secara ideal merepresentasikan esensi mekatronika karena menuntut sinkronisasi presisi antara logika kontrol PLC, aktuasi fisik, dan pendeteksian sensor, menjadikannya sebuah bentuk implementasi rekayasa sistem berbasis PLC yang efektif untuk tujuan simulasi dan pembelajaran [17]. Keberhasilan validasi teknis platform ini akan menjadi fondasi yang kuat untuk pengembangan media pembelajaran interaktif yang sebenarnya di masa depan.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, tugas akhir ini berfokus pada beberapa permasalahan berikut:

1. Bagaimana mewujudkan koneksi real-time antara kontroler PLC fisik dengan *virtual plant* pada sistem *sorting conveyor* untuk menciptakan sebuah platform yang fungsional dan representatif sebagai dasar media pembelajaran interaktif?
2. Bagaimana performa sistem yang dibangun dalam hal latensi komunikasi dari PLC hingga *virtual plant* dan akurasi operasional penyortiran untuk memenuhi syarat utama teknis sebagai media pembelajaran real-time?

I.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari tugas akhir ini:

1. *Physical plant* yang digunakan adalah sistem *sorting conveyor* yang berfungsi memilah benda metal dan non-metal menggunakan satu buah *pneumatic cylinder* dan sensor proximity induktif.

2. Representasi *virtual plant* yang dikembangkan hanya mencakup simulasi kerja dari sistem *sorting conveyor*, bukan replikasi detail fisik secara presisi.
3. Arsitektur komunikasi data yang digunakan terbatas pada protokol FINS, penghubung perangkat lunak Node-RED, dan protokol pengiriman pesan MQTT.
4. Pengujian sistem berfokus pada validasi kinerja teknis (akurasi dan waktu respon) dan tidak mengukur dampak pembelajaran secara langsung kepada pengguna (mahasiswa/peserta pelatihan)

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari tugas akhir sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sebuah platform *trainer module* semi-fisik yang fungsional dan representatif, serta mengimplementasikan arsitektur komunikasinya untuk mewujudkan koneksi *real-time* antara unit kontrol PLC fisik dengan *virtual plant*.
2. Menganalisis kinerja sistem berdasarkan parameter latensi komunikasi dan akurasi penyortiran untuk memvalidasi bahwa platform yang dibangun telah memenuhi prasyarat teknis sebagai dasar media pembelajaran *real-time* yang representatif.

Manfaat utama dari penelitian ini adalah tersedianya sebuah bukti kelayakan teknis dari arsitektur sistem semi-fisik yang dapat menjadi fondasi untuk pengembangan media pembelajaran otomasi yang lebih efektif. Bagi institusi pendidikan, hasil penelitian ini menawarkan sebuah model platform pembelajaran interaktif yang relevan dengan tuntutan Industri 4.0, sekaligus menjadi alternatif yang lebih terjangkau dibandingkan pengadaan *physical plant* skala penuh. Selain itu, bagi peneliti selanjutnya, analisis kinerja yang disajikan dapat berfungsi sebagai acuan dan platform yang telah tervalidasi untuk eksplorasi lebih lanjut, seperti penambahan fitur analisis data, integrasi IoT, atau bahkan pengujian pembelajaran secara langsung. Secara keseluruhan, penelitian ini berkontribusi dalam menyediakan solusi nyata untuk mulai menjembatani kesenjangan kompetensi antara dunia pendidikan dan kebutuhan industri modern

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika 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 HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil implementasi dari setiap elemen sistem serta hasil pengujian kuantitatif terhadap kinerja sistem, seperti pengujian ketepatan sortir dan waktu respon.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, serta saran untuk pengembangan sistem di masa mendatang.