Implementasi *Model Predictive Control* (MPC) Untuk Kendali Servo pada Mesin *Jig Boring*

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk

menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Alfadz Multazam

221341003

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

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

Implementasi *Model Predictive Control* (MPC) Untuk Kendali Servo pada Mesin *Jig Boring*

Oleh:

Alfadz Multazam

221341003

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

Bandung, Tanggal, 2025

Disetujui,

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Dr. Noval Lilansa, Dipl.Ing(FH)., M.T).	**Faisal A. Budikasih, S.Tr., M.Sc.Eng.**
NIP. 197111231995121001	**NRP. 223411001**

Disahkan,

Penguji I,	Penguji II,	Penguji III,
Suharyadi Pancono, Dipl. Ing. HTL., M.T.	**Danu Jaya Saputro, S. T., M. Sc.**	**Sarosa Castrena A, S.Pd., M.T.**
NIP. 196701171990031004	**NIP. 199204092025061005**	**NIP. 198702252020121001**

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama	:	Alfadz Multazam
NIM	:	221341003
Jurusan	:	Teknik Rekayasa Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi	:	Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi	:	Diploma 4
Jenis Karya	:	Tugas Akhir
Judul Karya	:	Implementasi *Model Predictive Control* (MPC) Untuk Kendali Servo pada Mesin *Jig Boring*

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 – 07 – 2025
Yang Menyatakan,

(Alfadz Multazam)
NIM 221341003

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

Nama	:	Alfadz Multazam
NIM	:	221341003
Jurusan	:	Teknik Rekayasa Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi	:	Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi	:	Diploma 4
Jenis Karya	:	Tugas Akhir
Judul Karya	:	Implementasi *Model Predictive Control* (MPC) Untuk Kendali Servo pada Mesin *Jig Boring*

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya barada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Nonekslusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Nonekslusif 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 – 07 – 2025
Yang Menyatakan,

(Alfadz Multazam)
NIM 221341003

MOTO PRIBADI

Melawan rasa malas adalah bagian dari perjuangan. Sedikit demi sedikit, yang penting terus maju. Setiap langkah yang diambil hari ini akan menjadi pijakan untuk masa depan.

Tugas akhir ini saya persembahkan dengan penuh rasa syukur kepada kedua orang tua saya tercinta, yang selalu menjadi sumber semangat dan doa di setiap langkah. Terima kasih juga untuk keluarga, sahabat-sahabat terbaik, dan semua pihak yang sudah menemani, mendukung, dan memberikan energi positif selama proses panjang ini. Tanpa kalian semua, perjalanan ini mungkin tidak akan semenyenangkan dan sebermakna ini.

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 sembahan yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjukan dan pertolongan-Nya, Alhamdlillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: "Implementasi *Model Predictive Control* (MPC) Untuk Kendali Servo pada Mesin *Jig Boring*".

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknik Rekayasa Mekatronika 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 Darma Firmansyah Undayat, S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ridwan, S.ST., M.Eng.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Bapak Adhitya Sumardi Sunarya, S.Si.,M.Si.
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Dr. Noval Lilansa, Dipl.Ing(FH)., M.T., dan Bapak Faisal A. Budikasih, S.Tr., M.Sc.Eng.
5. Para Penguji siding tugas akhir Bapak Suharyadi Pancono, Dipl. Ing. HTL., M.T., Sarosa Castrena A, S.Pd., M.T., dan Bapak Danu Jaya Saputro, S. T., M. Sc.

6. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ai Nurhayati dan Engkun yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Untuk kakak saya yang selalu memberikan motivasi dan mendoakan penulis serta tempat menceritakan keluh kesah yang dilalui penulis saat melakukan tugas akhir.
8. Buat teman dekat penulis Radinda yang selalu memberikan semangat dan hiburan kepada penulis saat penulis mengalami kesulitan saat melakukan penelitian tugas akhir.
9. Untuk teman saya Alfin dan Diky yang senantiasa membantu penulis saat mengalami kesulitan dalam penelitian 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, 30 Juli 2025

Penulis

ABSTRAK

Dalam industri manufaktur modern, mesin *Jig Boring* memegang peranan penting dalam menghasilkan komponen dengan presisi tinggi. Akurasi tracking sistem servo sangat bergantung pada metode kendali yang digunakan. Penelitian ini membandingkan performa *Model Predictive Control* (MPC) dan *Proportional Integral Derivative* (PID) pada mesin *Jig Boring* satu sumbu menggunakan arsitektur PLC ke Driver ke Motor Servo. Metode penelitian meliputi pemodelan sistem servo, perancangan kontrol MPC di LabVIEW, integrasi dengan PLC Omron NX1P2, serta pengujian respon sistem terhadap masukan *step, ramp*, dan *trajectory tracking*. Parameter performa yang dianalisis meliputi *rise time, settling time, overshoot, dan slope error*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa MPC unggul dibandingkan PID *single loop*, dengan *rise time* 0,72 detik dan *settling time* 1,35 detik, lebih cepat dari PID *single loop* yang mencatat *rise time* 1,79 detik dan *settling time* 2,82 detik. MPC juga menghasilkan *slope error* yang lebih kecil pada uji *ramp* dan *trajectory tracking*. Kesimpulannya, MPC lebih efektif untuk meningkatkan *akurasi tracking* dan presisi posisi servo pada mesin *Jig Boring*. Sistem ini juga dapat digunakan sebagai referensi penerapan metode kontrol modern di industri.

Kata kunci: *Model Predictive Control*, PID, Servo Motor, *Tracking Accuracy*, Mesin *Jig Boring*.

ABSTRACT

In modern manufacturing industries, Jig Boring machines play a crucial role in producing high-precision components. The tracking accuracy of servo systems highly depends on the control method applied. This study compares the performance of Model Predictive Control (MPC) and Proportional–Integral–Derivative (PID) on a single-axis jig boring machine using a PLC–Driver–Servo Motor architecture.The research methodology includes servo system modeling, MPC controller design in LabVIEW, integration with the Omron NX1P2 PLC, and testing system responses to step, ramp, and trajectory tracking inputs. Performance parameters analyzed include rise time, settling time, overshoot, and slope error. Experimental results show that MPC outperforms PID, achieving a rise time of 0.72 seconds and a settling time of 1.35 seconds, faster than PID which recorded a rise time of 1.79 seconds and a settling time of 2.82 seconds. MPC also produces a smaller slope error in ramp and trajectory tracking tests.In conclusion, MPC is more effective in improving tracking accuracy and servo position precision on jig boring machines. This system can serve as a reference for the implementation of modern control methods in industrial applications.

Keywords: Model Predictive Control, PID, Servo Motor, Tracking Accuracy, Jig Boring Machine.

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 ..... **xvi**

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN ..... **xvii**

I. BAB I PENDAHULUAN **I-1**

I.1 LATAR BELAKANG I-1

I.2 RUMUSAN MASALAH I-3

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.1.1 AC Servo Motor II-1

II.1.2 Sisem Servo untuk *Jig Boring* II-3

II.1.3 Model Predictive Control (MPC) untuk Servo II-4

II.1.4 Pemodelan Sistem Servo pada Meja Kerja Mesin *Jig Boring* II-8

II.1.5 System Type II-9

II.1.6 *Transient Response Spesifications* II-12

II.2 TINJAUAN ALAT II-14

II.2.1 Driver dan Motor AC Servo II-14

II.2.2 Rotary Encoder II-17
II.2.3 PLC Omron NX1P2 ..... II-17
II.2.4 Labview II-19
II.3 STUDI PENELITIAN TERDAHULU II-20
III. BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH III-1
III.1 REQUIREMENT LIST III-3
III.2 SYSTEM DESIGN III-5
III.2.1 Overall Function III-5
III.2.2 Gambaran Umum Sistem III-6
III.3 DOMAIN-SPESIFIC DESIGN III-8
III.3.1 Perancangan Subsistem Mekanik III-8
III.3.2 Perancangan Subsistem Elektrik III-9
III.3.3 Perancangan Subsistem Informatik III-11
III.3.4 Perancangan Subsistem Kendali III-13
III.4 SYSTEM INTEGRATION III-16
III.5 LAB-SCALE PROTOTYPE III-16
III.5.1 Perancangan Pengujian Sensor dan Aktuator III-17
III.5.2 Perancangan Pengujian Sistem Kendali III-17
IV. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN IV-1
IV.1 HASIL IMPLEMENTASI PERANCANGAN SISTEM IV-1
IV.1.1 Hasil Perancangan Subsistem Mekanik IV-1
IV.1.2 Hasil Perancangan Subsistem Elektrik IV-2
IV.1.3 Hasil Perancangan Subsistem Informatik IV-4
IV.1.4 Hasil Perancangan Antarmuka IV-5
IV.2 HASIL PERANCANGAN PENGUJIAN KARAKTERISTIK MOTOR IV-9
IV.2.1 Perhitungan Time Constant ($\boldsymbol{\tau m}$) IV-9
IV.2.2 Perhitungan Gain Motor ($\boldsymbol{Km}$) IV-14
IV.2.3 Transfer Function Motor AC Servo IV-14
IV.3 HASIL PENGUJIAN SISTEM KENDALI IV-15
IV.3.1 Hasil Simulasi Open Loop Kecepatan pada LabVIEW IV-15
IV.3.2 Hasil Pengujian Kontrol Single Loop IV-17
IV.3.3 Hasil Pengujian Sistem Kendali MPC IV-22

IV.3.4 Hasil Pengujian *Trajectory Tracking* IV-29

V. BAB V PENUTUP V-1

V.1 KESIMPULAN V-1

V.2 SARAN V-2

DAFTAR PUSTAKA xviii

LAMPIRAN xxi

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Parameter motor servo AC II-3
Tabel II.2 Penelitian Terdahulu..... II-20
Tabel III. 1 Tabel requirement List III-3
Tabel IV. 1 Hasil Perhitungan τm IV-13
Tabel IV. 2 Hasil perhitungan Km..... IV-14
Tabel IV. 3 Hasil pengujian respon step IV-20
Tabel IV. 4 Hasil pengujian input step untuk MPC IV-28
Tabel IV. 5 Perbandingan performansi single loop dan MPC untuk masukan step IV-30
Tabel IV. 6 Perbandingan error slope single loop dan MPC IV-31

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Karakteristik torka dan kecepatan motor servo Ac[15]. II-3
Gambar II. 2 Diagram kerja sistem servo *closed loop* pada mesin *jig boring*[16]. II-4
Gambar II. 3 Diagram Prosedur *Model Predictive Control*[19] II-5
Gambar II. 4 Blok Diagram Sistem *Closed Loop* dengan *Model Predictive Control* (MPC)[19] II-5
Gambar II. 5 Block Diagram Sistem Servo dengan MPC[3] II-7
Gambar II. 6 *Servo Feed System Model*[21]. II-8
Gambar II. 7 *Concentrated mass model of the servo feed system*[21]. II-8
Gambar II. 8 Blok Diagram Sistem Close-loop[23]. II-10
Gambar II. 9 Step Input[23]. II-11
Gambar II. 10 Ramp Input[23] II-11
Gambar II. 11 Parabolic Input[23]. II-12
Gambar II. 12 Grafik rise time[25]. II-12
Gambar II. 13 Grafik peak time[25]. II-13
Gambar II. 14 Grafik settling time[25]. II-13
Gambar II. 15 Grafik overshoot[25]. II-14
Gambar II. 16 Omron Servo driver R88D-1SN01H-ECT. II-14
Gambar II. 17 Motor AC Servo OMRON R88M-1M10030T-S2 ..... II-16
Gambar II. 18 *Output* kanal A, B, Z[31]. II-17
Gambar II. 19 PLC Omron NX1P2-9024DT II-18
Gambar III.1 Metodologi Penelitian VDI2206[40]. III-1
Gambar III. 2 Overall Function III-5
Gambar III.3 Gambaran umum mesin tools untuk metode MPC pada mesin jig boring satu sumbu. III-6
Gambar III.4 Gambaran umum sistem MPC untuk kendali servo. III-7
Gambar III.5 Perancangan Sistem Mekanik. III-8
Gambar III. 6 Wiring Komunikasi Sistem III-9
Gambar III.7 Perancangan *Wiring daya dan Kontrol* Sistem. III-10
Gambar III.8 Diagram alir dari sistem informatika pada LabView III-11

Gambar III.9 Desain Antarmuka III-12
Gambar III.10 Diagram Sistem Servo dengan MPC [3]. III-15
Gambar III. 11 Diagram system MPC menggunakan kalman filter [42]..... III-16
Gambar IV. 1 Tampak depan implementasi mekanik IV-1
Gambar IV. 2 Tampak Belakang Implementasi Mekanik IV-1
Gambar IV. 3 Panel Depan IV-2
Gambar IV. 4 Panel Belakang IV-3
Gambar IV. 5 Global Variable pada SYSMAC STUDIO IV-4
Gambar IV. 6 NI OPC Server dan OPC Client IV-5
Gambar IV. 7 Tampilan Antarmuka Home IV-6
Gambar IV. 8 Tampilan Antarmuka Uji Gerak Motor IV-6
Gambar IV. 9 Tampilan Antarmuka Spesifikasi Alat IV-7
Gambar IV. 10 Tampilan Atarmuka Single Loop IV-8
Gambar IV. 11 Tampilan Antarmuka MPC IV-8
Gambar IV. 12 Pengujian pertama pada posisi 0-100mm IV-10
Gambar IV. 13 Pengujian kedua pada posisi 0-100mm IV-10
Gambar IV. 14 Pengujian ketiga pada posisi 0-100mm IV-11
Gambar IV. 15 Pengujian pertama pada posisi 100-200mm IV-11
Gambar IV. 16 Pengujian kedua pada posisi 100-200mm IV-11
Gambar IV. 17 Pengujian ketiga pada posisi 100-200 ..... IV-12
Gambar IV. 18 Pengujian pertama pada posisi 200-300mm IV-12
Gambar IV. 19 Pengjian kedua pada posisi 200-300 ..... IV-12
Gambar IV. 20 Pengujian ketiga pada posisi 200-300 ..... IV-13
Gambar IV. 21 Diagram blok open loop IV-15
Gambar IV. 22 Grafik simulasI open loop IV-16
Gambar IV. 23 Grafik perbandingan simulasi dan data aktual open loop IV-16
Gambar IV. 24 Diagram blok single loop IV-17
Gambar IV. 25 Respon step masukan Kp 0.3 ..... IV-18
Gambar IV. 26 Respon step masukan Kp 0.4 ..... IV-18
Gambar IV. 27 Respon step masukan Kp 0.5 ..... IV-18
Gambar IV. 28 Respon step masukan Kp 0.6 ..... IV-19
Gambar IV. 29 Respon step masukan Kp 0.7 ..... IV-19

Gambar IV. 30 Respon step masukan Kp 0.8 ..... IV-19
Gambar IV. 31 Respon step masukan Kp 0.9 ..... IV-20
Gambar IV. 32 Respon step masukan Kp 1 ..... IV-20
Gambar IV. 33 Respon masukan ramp Kp 0.6 ..... IV-21
Gambar IV. 34 Diagram blok system kendali MPC IV-22
Gambar IV. 35 Block diagram LabView untuk formulasi state space IV-24
Gambar IV. 36 Block diagram LabView untuk kontrol MPC IV-25
Gambar IV. 37 Np 24 Nc 1 ..... IV-25
Gambar IV. 38 Np 25 Nc 1 ..... IV-26
Gambar IV. 39 Np 26 Nc 1 ..... IV-26
Gambar IV. 40 Np 24 Nc 2 ..... IV-26
Gambar IV. 41 Np 25 Nc 2 ..... IV-27
Gambar IV. 42 Np 25 Nc 3 ..... IV-27
Gambar IV. 43 Respon kontrol MPC terhadap masukan ramp IV-29
Gambar IV. 44 Perbandingan masukan sinyal ramp single loop dan MPC IV-31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain Mekanik Struktur Meja xxi
Lampiran 2 Desain Mekanik Mesin Jig Boring xxii
Lampiran 3 Desain Mekanik Keseluruhan Mesin xxiii
Lampiran 4 *Wiring Power* Diagram xxiv
Lampiran 5 *Wiring Input* PLC xxv
Lampiran 6 *Wiring Output* PLC xxvi
Lampiran 7 *Wiring Button Diagram* xxvii
Lampiran 8 *Wiring Servo Motor & Communication Diagram* xxviii

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

MPC = *Model Predictive Control*

PID = *Proportional Integral Derivative*

PMSM = *Permanent Magnet Synchronous Motor*

AC = *Alternating Current*

DC = *Direct Current*

CNC = *Computerized Numerical Control*

VDC = *Volt Direct Current*

NI = *National Instruments*

PLC = *Programmable Logic Controller*

LabVIEW = *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*

GUI = *Graphical User Interface*

VI = *Virtual Instrument*

OPC = OLE *for Process Control*

BAB I
PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dalam industri manufaktur modern, mesin *tools* memegang peranan penting sebagai alat utama untuk menghasilkan komponen dengan presisi tinggi. Salah satu jenis mesin *tools* yang paling sering digunakan yaitu mesin *jig boring*. Proses *jig boring* melibatkan pemotongan material dengan alat potong yang berputar untuk menghasilkan bentuk tertentu, seperti permukaan datar atau profil lainnya. Sebagaimana dijelaskan, Proses *jig boring* merupakan metode pemesinan yang dilakukan dengan menyayat benda kerja menggunakan alat potong berputar yang dilengkapi dengan sejumlah mata potong[1]. Teknologi mesin *jig boring* berbasis CNC kini semakin banyak digunakan karena kemampuannya dalam menghasilkan produk dengan tingkat presisi yang sangat tinggi dan efisiensi proses yang optimal, sebagaimana diungkapkan, Mesin CNC *tabletop* dirancang untuk kebutuhan skala kecil, menawarkan analisis mendalam tentang teknologi CNC yang efisien dan fleksibel[2].

Untuk mencapai hasil yang optimal pada mesin *jig boring*, servo motor memainkan peran penting dalam mengendalikan posisi dan kecepatan alat secara presisi. Servo motor bekerja berdasarkan prinsip umpan balik, di mana posisi aktual dibandingkan dengan posisi yang diinginkan untuk meminimalkan *error*. Motor servo sering digunakan untuk mengendalikan posisi sudut atau linear, kecepatan, dan percepatan secara presisi[3]. Keakuratan *tracking* pada mesin *jig boring* sangat bergantung pada kemampuan sistem kendali dalam mengatasi ketidakpastian model, gangguan eksternal, integrasi kontrol, dan adaptasi terhadap dinamika sistem[4], [5].

Salah satu pendekatan kontrol yang banyak digunakan adalah metode PID (*Proportional–Integral–Derivative*). Pada penelitian sebelumnya, skema kontrol PID *single-loop* efektif untuk pelacakan posisi pada sistem *electrical flexible-joint robot*, tanpa memerlukan model dinamik aktuator maupun sinyal kecepatan dan arus, serta divalidasi melalui simulasi dan eksperimen[6]. Selain itu, metode PID juga telah diterapkan pada sistem mobile robot berbasis motor DC untuk

pengendalian posisi, di mana konfigurasi PD controller (tanpa integral) mampu menurunkan overshoot hingga 3 mm dengan waktu tunak sekitar 3 detik, sehingga menunjukkan efektivitasnya dalam meningkatkan akurasi dan kestabilan sistem kendali posisi[7]. Namun metode Proportional-Integral-Derivative (PID) memiliki keterbatasan dalam mengatasi dinamika non-linear dan kendala sistem, tetapi MPC mampu memberikan performa optimal bahkan pada sistem dengan kompleksitas tinggi[8], [9].

Metode kendali yang dikembangkan baru-baru ini menunjukkan bahwa *Model Predictive Control* (MPC) menjadi tren karena kemampuannya menangani sistem linear maupun non-linear dengan berbagai batasan sekaligus efektif dalam meningkatkan keakuratan *tracking*[4] serta kemampuan optimasi secara *real-time*, pengelolaan berbagai kendala dan karakteristik nonlinier, rendahnya tingkat distorsi arus, serta efisiensi tinggi dengan kerugian *switching* yang minim[10]. Pada penelitian terkait yang membandingkan MPC dengan PID menunjukkan bahwa MPC dengan trajectory horizon lebih unggul dibandingkan PID dalam hal akurasi tracking pada sistem servo berbasis DSP [11].

Platform DSP sejauh ini belum banyak diterapkan di industri. Sebaliknya, sistem industri umumnya menggunakan arsitektur PLC ke driver lalu ke servo motor karena keandalannya dan kemudahan integrasi. Pada penelitian terkait menunjukkan bahwa konfigurasi ini mampu mencapai akurasi posisi dan sesuai kebutuhan industri[12]. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini dilakukan studi komparasi antara metode *Model Predictive Control* (MPC) dan *Proportional–Integral–Derivative* (PID) dalam sistem kendali posisi satu sumbu pada mesin *tools* dengan arsitektur PLC ke driver lalu motor servo AC. Pemilihan arsitektur ini didasarkan pada kenyataan bahwa industri manufaktur umumnya mengandalkan sistem berbasis PLC karena keandalannya, fleksibilitasnya dalam integrasi. Tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan gambaran performa masing-masing metode kontrol dalam skenario yang mencerminkan kondisi industri, sekaligus memberikan kontribusi ilmiah terhadap pemilihan strategi kendali yang tepat untuk meningkatkan presisi sistem servo pada mesin tools.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana performa metode *Model Predictive Control* (MPC) dalam mengendalikan posisi servo pada mesin *jig boring* satu sumbu?
2. Bagaimana perbandingan akurasi pelacakan (tracking accuracy) antara metode MPC dan PID pada sistem kendali posisi berbasis arsitektur PLC ke Driver ke Motor Servo?
3. Bagaimana merancang LabVIEW sebagai platform antarmuka yang dapat mendukung implementasi dan analisisa kinerja metode *Model Predictive Control* (MPC) dan PID pada sistem servo mesin *jig boring* berbasis arsitektur PLC ke Driver ke Motor Servo?

I.3 Batasan Masalah

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

1. Mesin *tools* yang digunakan berupa mesin CNC *jig boring* tiga sumbu skala kecil dengan kendali MPC hanya diterapkan pada satu sumbu operasi saja.
2. Komputasi MPC dilakukan melalui Labview dan PLC Omron NX1P2.
3. *Interface* kontrol dan monitoring atau *human-machine interface* (HMI) melalui Labview.

I.4 Tujuan dan Manfaat

1. Menganalisis performa metode *Model Predictive Control* (MPC) dalam mengendalikan posisi servo pada mesin *jig boring* satu sumbu.
2. Membandingkan tingkat akurasi pelacakan antara metode MPC dan PID pada sistem kendali posisi dengan arsitektur PLC ke Driver ke Motor Servo yang umum digunakan di industri.

Selain tujuan, penelitian ini diharapkan memberikan manfaat, baik secara teoritis maupun praktis. Manfaat tersebut adalah:

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem kendali posisi pada mesin *jig boring* melalui penerapan *Model Predictive Control* (MPC) yang diimplementasikan secara langsung menggunakan arsitektur berbasis PLC, driver, dan motor servo AC.

2. Menjadi referensi bagi praktisi industri untuk memahami perbandingan performa kontrol PID dan MPC pada sistem kendali yang mendekati kondisi nyata di industri.

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.