

**MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) PADA SISTEM  
KENDALI SUHU ITCLAB DAN PEMANTAUANNYA  
MENGUNAKAN INTERNET OF THINGS (IOT)**

**SKRIPSI**



Oleh :

**MUHAMMAD HABIB ARROSYID**

**19081010034**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**

**JAWA TIMUR**

**2024**

**MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) PADA SISTEM  
KENDALI SUHU ITCLAB DAN PEMANTAUANNYA  
MENGUNAKAN INTERNET OF THINGS (IOT)**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menempuh Gelar Sarjana  
Komputer Program Studi Informatika



Oleh :

**MUHAMMAD HABIB ARROSYID**

**19081010034**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**

**JAWA TIMUR**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**Judul : MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) PADA SISTEM  
KENDALI SUHU ITCLAB DAN PEMANTAUANNYA  
MENGUNAKAN INTERNET OF THINGS (IOT)**

**Oleh : MUHAMMAD HABIB ARROSYID**

**NPM : 19081010034**

**Telah Diseminarkan Dalam Ujian Skripsi Pada :  
Hari Jumat, Tanggal 5 Januari 2024**

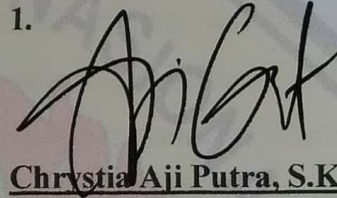
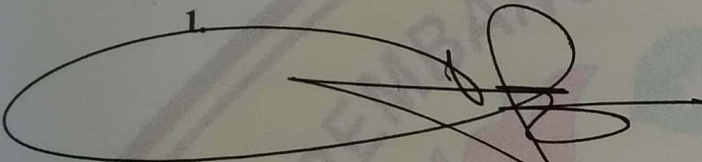
**Mengetahui**

**Dosen Pembimbing**

**Dosen Penguji**

1.

1.



**Dr. Basuki Rahmat, S.Si. MT.**

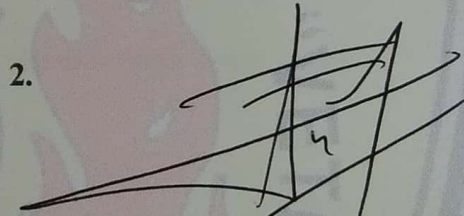
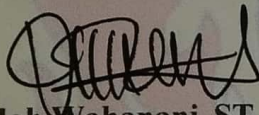
**Chrystia Aji Putra, S.Kom, M.T**

**NIP. 19690723 2021211 002**

**NIP. 19861008 2021211 001**

2.

2.



**Henni Endah Wahanani, ST. M.Kom.**

**Firza Prima Aditiawan, S.Kom., MTI**

**NIP. 19780922 2021212 005**

**NIP. 19860523 2021211 003**

**Menyetujui**

**Dekan  
Fakultas Ilmu Komputer**

**Koordinator Program Studi**

**Informatika**

**Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.**

**Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom**

**NIP. 19681126 199403 2 001**

**NIP. 19820211 2021212 005**

## SURAT PERNYATAAN ANTI PLAGIAT

Saya, mahasiswa Informatika UPN “Verteran” Jawa Timur, yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Habib Arrosyid

NPM : 19081010034

Menyatakan bahwa judul Skripsi / Tugas Akhir yang Saya ajukan dan akan dikerjakan, yang berjudul:

**“MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) PADA SISTEM KENDALI SUHU ITCLAB DAN PEMANTAUANNYA MENGGUNAKAN INTERNET OF THINGS”**

Bukan merupakan plagiat dari Skripsi / Tugas Akhir / Penelitian orang lain dan juga bukan merupakan produk atau *software* yang saya beli dari pihak lain. Saya juga menyatakan bahwa Skripsi / Tugas Akhir ini adalah pekerjaan Saya sendiri, kecuali yang ditanyakan dalam daftar Pustaka dan tidak pernah diajukan untuk syarat memperoleh gelar di UPN “Veteran” Jawa Timur maupun institusi pendidikan lain.

Jika ternyata di kemudian hari pernytaan ini terbukti tidak benar, maka Saya siap menerima segala konsekuensinya

Surabaya, 5 Januari 2024

Hormat Saya,



**Muhammad Habib Arrosyid**

**NPM. 19081010034**

# **MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) PADA SISTEM KENDALI SUHU ITCLAB DAN PEMANTAUANNYA MENGGUNAKAN INTERNET OF THINGS (IOT)**

**Nama Mahasiswa : Muhammad Habib Arrosyid**

**NPM : 19081010034**

**Program Studi : Informatika**

**Dosen Pembimbing : DR. Basuki Rahmat, S.SI. MT.**

**Henni Endah Wahanani, ST. M.Kom**

## **ABSTRAK**

Model Predictive Control (MPC) adalah metode kendali yang bertujuan mencapai tindakan kontrol optimal melalui ramalan perilaku sistem berdasarkan model matematis. Penggunaan model matematika digunakan untuk meramalkan respons sistem dan memilih tindakan kontrol optimal agar tujuan yang diinginkan tercapai. Penerapan MPC secara luas di industri bertujuan meningkatkan kinerja proses.

Sistem kendali suhu iTCLab berfungsi mengatur suhu dalam suatu ruangan atau lingkungan. Komponen utamanya mencakup sensor suhu, aktuator pemanas atau pendingin, dan kontroler. Tujuan utama sistem ini adalah menjaga suhu dalam batas yang diinginkan melalui pengelolaan tindakan kontrol pada aktuator. Dalam konteks Internet of Things (IoT), sistem ini dapat terhubung ke internet, memungkinkan pemantauan dan pengendalian dari jarak jauh.

Penerapan MPC pada sistem kendali suhu iTCLab yang didukung oleh IoT memberikan beberapa keuntungan. MPC dapat mengoptimalkan tindakan kontrol untuk menjaga suhu tetap dalam rentang yang diinginkan dengan memanfaatkan model matematis dan prediksi ke depan.

**Kata kunci: Model Predictive Control, Internet Based Temperature Control lab, Second Order, ARX Model**

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul: “MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) PADA SISTEM KENDALI SUHU ITCLAB DAN PEMANTAUANNYA MENGGUNAKAN INTERNET OF THINGS (IOT)” sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana (SI) pada program studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan masukan, kritik, dan saran yang dapat membangun dan berharap laporan Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dengan penelitian terkait, serta bagi penggunanya untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 5 Januari 2024

Muhammad Habib Arrosyid

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, hidayah, serta karunia-Nya yang senantiasa melimpahkan keberkahan dan petunjuk-Nya kepada penulis selama proses penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan Skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, dukungan, doa dari orang tua saya, terutama ibu saya yang selalu mendampingi, kerjasama dari berbagai pihak, dan juga berkah dari Allah SWT yang selalu menyertai sehingga kendala-kendala yang dihadapi tersebut dapat teratasi. Untuk itu penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, yang selalu memberi doa dan dukungan ketika pembuatan laporan skripsi hingga selesai.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom, M.Kom selaku Koordinator Program Studi Informatika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Bapak Dr Basuki Rahmat, S.Si, MT, selaku Dosen Pembimbing Pertama yang selalu memberi banyak masukan dan memberikan solusi ketika terdapat permasalahan dalam pengerjaan skripsi dan pembuatan laporan skripsi hingga selesai.
5. Ibu Henni Endah Wahanani, ST. M.Kom, selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah banyak memberi referensi dan masukan yang sangat berharga dalam menyelesaikan skripsi ini hingga selesai
6. Staff Dosen dan Tenaga Kependidikan program studi Informatika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman jurusan Informatika, serta semua pihak yang telah membantu proses perkuliahan di Informatika yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

8. Saudara Lilly Prettycia Budiono yang selalu memberikan support kepada penulis dalam menyelesaikan laporan skripsi hingga selesai

Terima kasih untuk semua pihak yang telah membantu, membimbing dan memberikan motivasi pengerjaan skripsi ini. Semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, Aamiin Yaa Rabbal'Aalamiin



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
SURAT PERNYATAAN ANTI PLAGIAT .....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Manfaat.....	5
1.5. Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Penelitian Terdahulu.....	7
2.2. Model Predictive Control (MPC) .....	8
2.3. Proporsional Integral Derivative (PID) .....	11
2.4. Implementasi Model Predictive Control (MPC) .....	12
2.5. Internet-Based Temperature Control Lab (iTCLab).....	14
2.6. Implementasi Internet-Based Temperature Control Lab (iTCLab).....	15
2.7. Konsep Internet of Things (IoT) .....	16
2.8. Implementasi Internet of Things (IoT) .....	17
2.9. Arsitektur Sistem IoT .....	19
2.10. Respon Suhu .....	22
2.11. Karakteristik Sumber Panas dan Dingin.....	23
2.12. Model Energy Balance.....	25
2.13. Model First-Order Plus Dead Time .....	26
2.14. Model Second order.....	27

2.15.	Model ARX (AutoRegressive with eXternal input) .....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		31
3.1.	Alur Penelitian.....	31
3.2.	Studi Pustaka .....	31
3.3.	Flowchart Model Predictive Control (MPC).....	31
3.4.	Implementasi Proporsional Integral Derivative (PID) .....	33
3.4.1.	Terminologi Dasar Kontrol Proses .....	33
3.4.2.	Pulse Width Modulation (PWM).....	34
3.5.	Rangkaian Kit ITCLab .....	37
3.6.	Identifikasi Model Matematis .....	39
3.7.	Perancangan Model FOPDT dalam Konteks MPC.....	39
3.8.	Perancangan Model Second Order dalam Konteks MPC.....	41
3.9.	Perancangan Model Energy Balance dalam Konteks MPC .....	43
3.10.	Perancangan Model ARX dalam Konteks MPC.....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		48
4.1.	Gambaran Umum Skenario Pengujian .....	48
4.2.	Peralatan dan Konfigurasi Kit iTCLab.....	48
4.2.1.	Deskripsi Alat yang digunakan dalam Eksperimen.....	48
4.2.2.	Komponen-komponen iTCLab .....	49
4.2.3.	Perlindungan yang Dimiliki iTCLab .....	49
4.2.4.	Dinamika Orde Kedua dan Sistem Kontrol Multivariat .....	49
4.2.5.	Spesifikasi Teknis .....	49
4.2.6.	Konfigurasi Program pada Mikrokontroler ESP32 .....	50
4.2.7.	Kode Program menggunakan Aplikasi Arduino Uno.....	50
4.2.8.	Hasil Eksperimen Kit iTCLab menggunakan Arduino Uno.....	56
4.3.	Pengujian Kit iTCLab dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Arduino+Python .....	57
4.3.1.	Pengaturan File – Preferences.....	57
4.3.2.	Pengaturan Board.....	58
4.3.3.	Pilihan Board .....	58
4.3.4.	File Program Pengujian Kit iTCLab .....	59
4.3.5.	Script Program untuk Pengujian Kit iTCLab .....	60
4.3.6.	Hasil Eksperimen Kit iTCLab menggunakan Bahasa Pemrograman Python	63

4.4.	Hasil Implementasi MPC dengan Persamaan Energy Balance .....	63
4.4.1.	Identifikasi Parameter untuk Sistem Pemanasan Suhu.....	64
4.4.2.	Identifikasi Parameter untuk Sistem Kontrol.....	64
4.4.3.	Hasil MPC dengan Persamaan Energy Balance pada Sistem Kendali Suhu ITCLab .....	65
4.4.4.	Hasil Eksperimen Kit iTCLab dengan Persamaan Energy Balance ...	66
4.5.	Hasil Implementasi MPC dengan Persamaan FOPDT .....	67
4.5.1.	Hasil Awal MPC menggunakan Persamaan FOPDT sebelum mencapai Setpoint	67
4.5.2.	Hasil MPC terhadap Respon Sistem Persamaan FOPDT .....	68
4.5.3.	Hasil MPC terhadap Respon Sistem untuk Mencapai Setpoint.....	69
4.5.4.	Hasil MPC terhadap Respon Sistem Setelah Perubahan Setpoint.....	70
4.5.5.	Hasil Eksperimen Kit iTCLab dengan Persamaan FOPDT.....	71
4.6.	Hasil Implementasi MPC dengan Persamaan Second Order .....	72
4.6.1.	Waktu Pengejaran (Time Lag).....	73
4.6.2.	Hasil Awal MPC Persamaan Second Order sebelum Mencapai Setpoint	74
4.6.3.	Hasil MPC terhadap Respon Sistem Persamaan Second Order .....	75
4.6.4.	Hasil MPC terhadap Respon Sistem untuk Mencapai Setpoint.....	76
4.6.5.	Hasil MPC pada Respon Suhu Terhadap Perubahan Kontrol .....	77
4.6.6.	Hasil Eksperimen Kit iTCLab dengan Persamaan Second Order .....	79
4.7.	Hasil Implementasi MPC dengan Model ARX.....	79
4.7.1.	Hasil MPC pada Respon Suhu Model ARX.....	79
4.7.2.	Hasil Awal MPC menggunakan model ARX sebelum mencapai Setpoint	81
4.7.3.	Hasil MPC menggunakan Model ARX untuk mencapai Setpoint .....	82
4.7.4.	Hasil MPC menggunakan Model ARX Terhadap Perubahan Kontrol	84
4.7.5.	Hasil Eksperimen MPC Menggunakan Kit iTCLab dengan Model ARX	85
4.8.	Hasil Perbandingan Model Predictive Control (MPC) dan Proportional-Integral-Derivative (PID) .....	86
4.8.1.	Perbandingan Kinerja MPC dan PID.....	86
4.8.2.	Respon Terhadap Perubahan Setpoint .....	86
4.8.3.	Stabilitas dan Presisi Kontrol.....	87
4.8.4.	Analisis Perbandingan .....	88

4.9. Hasil Pemantauan Sistem Kendali Suhu iTCLab Monitor Menggunakan Internet Of Things (IoT).....	88
4.9.1. Hasil Monitoring dan Kontrol Suhu via Internet of Things (IoT) .....	88
4.9.2. Hasil broker mqtt .....	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1. KESIMPULAN .....	91
5.2. SARAN .....	91
DAFTAR PUSTAKA .....	93

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Dasar MPC .....	11
Gambar 2. 2 Blok Diagram MPC.....	13
Gambar 2. 3 Arsitektur Sistem.....	20
Gambar 2. 4 Diagram Blok Metode Pengendalian .....	21
Gambar 2. 5 Perangkat yang dibutuhkan .....	22
Gambar 3. 1 Flowchart Model Predictive Control.....	32
Gambar 3. 2 Sistem Umpan Balik.....	34
Gambar 3. 3 PWM .....	35
Gambar 3. 4 Grafik Sinyal PWM yang Berbeda .....	36
Gambar 3. 5 Respon Orde Kedua .....	37
Gambar 3. 6 Rangkaian Kit iTCLab .....	38
Gambar 3. 7 Hasil Simulasi Model FOPDT .....	40
Gambar 3. 8 Simulasi Second Order.....	42
Gambar 3. 9 Simulasi Model Energy Balance .....	45
Gambar 3. 10 Struktur ARX Model.....	46
Gambar 3. 11 Simulasi ARX Model.....	47
Gambar 4. 1 Hasil Operasi Sistem .....	56
Gambar 4. 2 Hasil Eksperimen Kit iTCLab menggunakan Arduino .....	56
Gambar 4. 3 Pengaturan File - Preferences.....	57
Gambar 4. 4 Pengaturan Board .....	58
Gambar 4. 5 Board DOIT ESP32 DEVKIT V1 .....	59
Gambar 4. 6 Hasil Program pada Kode Program 2.....	60
Gambar 4. 7 Hasil Program Modul .....	62
Gambar 4. 8 Hasil Eksperimen dengan Kit iTCLab menggunakan Bahasa Pemrograman Python .....	63
Gambar 4. 9 Hasil Grafik MPC Persamaan Energy Balance.....	65
Gambar 4. 10 Hasil Eksperimen Persamaan Energy Balance menggunakan Kit iTCLab .....	66
Gambar 4. 11 Hasil Awal Grafik MPC dengan menggunakan FOPDT sebelum Mencapai Setpoint.....	67

Gambar 4. 12 Hasil MPC terhadap Respon Sistem Kendali Suhu dengan Persamaan FOPDT .....	68
Gambar 4. 13 Hasil Grafik MPC terhadap Respon Sistem untuk Mencapai Setpoint .....	69
Gambar 4. 14 Grafik Suhu setelah Perubahan Setpoint.....	71
Gambar 4. 15 Hasil Eksperimen MPC dengan Persamaan FOPDT .....	72
Gambar 4. 16 Grafik Waktu Pengejaran .....	73
Gambar 4. 17 Hasil Awal MPC menggunakan Second Order sebelum Mencapai Setpoint .....	74
Gambar 4. 18 Hasil Grafik MPC Persamaan Second Order .....	75
Gambar 4. 19 Hasil Grafik Respon Sistem untuk Mencapai Setpoint.....	76
Gambar 4. 20 Respon MPC Terhadap Perubahan Kontrol .....	78
Gambar 4. 21 Hasil Eksperimen menggunakan Kit iTCLab dengan Persamaan Second Order.....	79
Gambar 4. 22 Grafik Measurable Variables (MVs) dan Grafik Control Variables (CVs).....	80
Gambar 4. 23 Hasil Awal MPC dengan Model ARX sebelum Mencapai Setpoint .....	81
Gambar 4. 24 Grafik Hasil Respon Suhu Mencapai Setpoint.....	83
Gambar 4. 25 Respon MPC pada Sistem Kendali Suhu iTCLab Terhadap Perubahan Kontrol dengan Persamaan ARX Model.....	84
Gambar 4. 26 Hasil Eksperimen MPC pada Sistem Kendali Suhu iTCLab dengan Persamaan ARX Model.....	85
Gambar 4. 27 Respon Perubahan Setpoint MPC .....	86
Gambar 4. 28 Respon Perubahan Setpoint PID .....	87
Gambar 4. 29 Stabilitas MPC.....	87
Gambar 4. 30 Dampak Variasi Parameter terhadap Respon Langkah Suatu Sistem .....	88
Gambar 4. 31 Hasil Monitoring Kontrol Via IoT .....	89
Gambar 4. 32 Hasil Broker MQTT .....	90