

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kontroler umpan balik Proporsional-Integral-Derivative (PID) adalah kontroler yang paling banyak digunakan dalam industri. Baru-baru ini, desain kontroler PID molekuler telah diidentifikasi sebagai tujuan penting untuk biologi sintetis dan bidang siber genetika. Dalam makalah ini, kami mempertimbangkan realisasi kontroler PID melalui reaksi biomolekuler. Kami mengusulkan sejumlah topologi yang menawarkan keseimbangan antara kesederhanaan dan kinerja tinggi. Pertama, kami menunjukkan bahwa berbagai PI-kontroler biomolekuler menunjukkan kemampuan peningkatan kinerja yang berbeda. Selanjutnya, kami memperkenalkan beberapa kontroler turunan berdasarkan loop feedforward inkohiren yang berfungsi dalam konfigurasi umpan balik. Sebagai alternatif, kami menunjukkan bahwa diferensiator dapat direalisasikan dengan menempatkan integrator molekuler dalam loop umpan balik negatif, yang dapat ditingkatkan dengan komponen PI untuk menghasilkan kontroler PID. Kami menunjukkan bahwa kontroler PID dapat meningkatkan stabilitas dan kinerja dinamis, dan juga dapat mengurangi kebisingan stokastik. Terakhir, kami menyediakan demonstrasi eksperimental menggunakan pengaturan hibrida di mana kontroler PID *in silico* mengatur suatu sirkuit genetik dalam sel ragi tunggal. (Filo et al., 2022)

Dalam dunia kontrol sistem, Proportional-Integral-Derivative (PID) adalah metode yang paling umum digunakan untuk mengatur output suatu sistem secara otomatis. PID memiliki peran yang krusial dalam berbagai aplikasi, mulai dari industri manufaktur hingga kendaraan otonom. PID (Proportional-Integral-Derivative) adalah kontroler mekanisme umpan balik yang digunakan untuk mengontrol proses industri. Sistem kendali yang paling terkenal di industri adalah PID. PID menggabungkan tiga tindakan pengendalian proporsional, integral, dan derivative (Rahmat et al.,

2023). Setiap jenis memiliki parameter tertentu yang harus diset untuk dapat beroperasi dengan baik, yang disebut sebagai konstanta.

#### 1. Proporsional (P) - Mengejar Kesalahan Saat Ini:

Proporsional adalah komponen PID yang memberikan respons sebanding dengan kesalahan saat ini antara setpoint dan output sistem. Dalam istilah sederhana, semakin besar kesalahan, semakin besar pula respons yang diberikan oleh komponen proporsional. Hal ini membantu dalam menstabilkan sistem dan mengurangi overshoot.

#### 2. Integral (I) - Mengatasi Kesalahan Kumulatif:

Integral membantu mengatasi kesalahan kumulatif yang terjadi selama waktu. Dengan mengintegrasikan kesalahan dari waktu ke waktu, komponen integral membantu sistem mencapai nilai setpoint tanpa meninggalkan kesalahan statis. Ini sangat berguna dalam mengatasi gangguan sistem atau perubahan beban.

#### 3. Derivatif (D) - Mengantisipasi Perubahan Cepat:

Komponen derivatif berfungsi untuk mengurangi respons sistem terhadap perubahan cepat dalam kesalahan. Dengan mendeteksi laju perubahan kesalahan, komponen derivatif membantu mencegah overshoot dan meningkatkan respons sistem terhadap perubahan setpoint.

Model Predictive Control (MPC) adalah salah satu teknik kontrol yang digunakan dalam sistem kendali untuk menghasilkan aksi kontrol yang optimal berdasarkan prediksi model sistem. Teknik ini memanfaatkan model matematis yang menggambarkan perilaku sistem untuk melakukan prediksi ke depan dan memilih aksi kontrol terbaik untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Model Predictive Control atau MPC adalah suatu metode proses kontrol lanjutan yang banyak diterapkan pada proses industry. MPC adalah algoritma pengendali peubah banyak (Avian Maulana, 2017). MPC (Model Predictive Control) merupakan suatu teknik pengendalian dalam bentuk waktu diskrit yang menggunakan model proses dari suatu sistem, yang bertujuan untuk memprediksikan proses di masa depan untuk

memperoleh tindakan kendali loop tertutup yang optimal dengan meminimalisasikan fungsi objektif dalam suatu rentang horizon waktu yang terbatas dalam batasan tertentu (Al Mughni, 2022).

Sistem kendali suhu iTCLab adalah sistem yang digunakan untuk mengontrol suhu dalam suatu ruangan atau lingkungan tertentu. Sistem ini terdiri dari komponen seperti sensor suhu, aktuator pemanas atau pendingin, dan kontroler. Tujuan dari sistem kendali suhu ini adalah untuk menjaga suhu dalam rentang yang diinginkan dengan mengatur aksi kontrol pada aktuator. Dalam konteks penggunaan Internet of Things (IoT), sistem kendali suhu iTCLab dapat dihubungkan ke jaringan internet untuk memantau dan mengontrolnya secara jarak jauh. IoT memungkinkan pengguna atau operator sistem untuk mengakses sistem kendali suhu melalui aplikasi atau platform berbasis web.

Internet of Things (IoT) adalah wilayah berkembang di mana miliaran objek terhubung satu sama lain menggunakan web untuk berbagi informasi dan asset (Rahmat et al., 2023). Dengan menggunakan IoT, pengguna dapat memantau kondisi suhu saat ini, mengubah setpoint suhu, atau bahkan mengaktifkan atau menonaktifkan sistem kendali secara remote. Penerapan MPC pada sistem kendali suhu iTCLab dengan menggunakan IoT memiliki beberapa keuntungan. Pertama, dengan memanfaatkan model matematis dan prediksi ke depan, MPC dapat menghasilkan aksi kontrol yang optimal untuk menjaga suhu dalam rentang yang diinginkan. Hal ini memungkinkan sistem kendali suhu untuk beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan kondisi dan mengurangi variabilitas suhu yang tidak diinginkan. Kedua, dengan adanya konektivitas IoT, pengguna atau operator sistem dapat memantau dan mengontrol sistem kendali suhu iTCLab secara real-time dari jarak jauh. Ini memberikan fleksibilitas dan kemudahan akses dalam mengelola sistem kendali, serta memungkinkan pengguna untuk melakukan intervensi atau perubahan parameter saat diperlukan. Selain itu, dengan menggunakan IoT, data suhu yang dikumpulkan dari sistem kendali suhu iTCLab dapat dikirim ke cloud untuk dianalisis lebih lanjut. Analisis data ini dapat memberikan wawasan

tambahan tentang performa sistem kendali, membantu dalam pemantauan kondisi suhu, dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dalam mengelola sistem kendali suhu secara keseluruhan.

Secara keseluruhan, kombinasi antara Model Predictive Control (MPC) dan Internet of Things (IoT) pada sistem kendali suhu iTCLab memberikan pendekatan kontrol yang lebih canggih dan terhubung secara digital. Hal ini memungkinkan pengoptimalan kinerja sistem kendali suhu dan mempermudah pemantauan serta pengelolaan sistem dari jarak jauh.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah untuk Model Predictive Control (MPC) pada sistem kendali suhu iTCLab dan pemantauannya menggunakan Internet of Things (IoT) dapat dirumuskan pokok permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana menerapkan Model Predictive Control (MPC) dalam sistem kendali suhu iTCLab?
2. Bagaimana memprediksi ke depan perilaku suhu dalam sistem kendali suhu iTCLab menggunakan model matematis?
3. Bagaimana memilih aksi kontrol yang optimal berdasarkan prediksi ke depan dalam MPC untuk menjaga suhu dalam rentang yang diinginkan?

## **1.3. Tujuan**

Berdasarkan pada rumusan masalah, maka tujuan yang ingin dicapai penulis adalah

1. Mengimplementasikan Model Predictive Control (MPC) dalam sistem kendali suhu iTCLab untuk mencapai kontrol suhu yang lebih optimal.
2. Membangun model matematis yang akurat untuk menggambarkan perilaku sistem kendali suhu iTCLab.
3. Mengembangkan metode prediksi ke depan yang efektif untuk memperoleh estimasi suhu yang akurat dalam MPC.

#### **1.4. Manfaat**

Adapun manfaat dari penelitian Model Predictive Control (MPC) pada sistem kendali suhu iTCLab dan pemantauannya menggunakan Internet of Things (IoT) yaitu sebagai berikut :

##### **1. Bagi Penulis**

Penelitian ini dapat memberikan kemudahan dalam merancang dan mengimplementasikan kontrol suhu dengan MPC pada iTCLab melalui integrasi dengan IoT. Kemudian bermanfaat untuk peningkatan keakuratan dan efisiensi kendali suhu iTCLab dengan MPC yang dapat menghasilkan sinyal kendali yang optimal serta Dapat melakukan pemantauan dan pengendalian suhu iTCLab dari jarak jauh melalui koneksi internet, sehingga memungkinkan penulis untuk mengontrol dan memantau eksperimen secara real-time.

##### **2. Bagi Pembaca**

Pada penelitian ini Pembaca dapat memperoleh data dan informasi yang lebih akurat mengenai kondisi suhu iTCLab melalui sistem pemantauan IoT yang terintegrasi dengan MPC kemudian pembaca dapat memahami dan mempelajari proses pengendalian suhu iTCLab secara lebih efektif melalui visualisasi dan laporan yang dihasilkan oleh sistem MPC dan IoT dan pembaca dapat memanfaatkan hasil penelitian dan eksperimen yang dilakukan dengan menggunakan MPC dan IoT untuk pengembangan dan aplikasi lainnya.

#### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah atau ruang lingkup Model Predictive Control (MPC) pada sistem kendali suhu iTCLab dan pemantauannya menggunakan Internet of Things (IoT) dapat mencakup beberapa aspek sebagai berikut:

1. Penelitian ini terbatas pada penerapan MPC dan penggunaan IoT dalam sistem kendali suhu iTCLab. Sistem ini dapat mencakup komponen seperti sensor suhu, aktuator pemanas atau pendingin, dan kontroler yang sesuai dengan iTCLab.
2. Penelitian ini akan membangun model matematis yang akurat untuk sistem kendali suhu iTCLab dan menggunakan prediksi ke depan untuk mengestimasi suhu di masa mendatang. Namun, tidak akan membahas teknik identifikasi model matematis secara mendalam.

3. Fokus penelitian ini adalah pada implementasi MPC sebagai metode kontrol yang digunakan dalam sistem kendali suhu iTCLab. Namun, detail implementasi MPC seperti pemilihan horizon waktu atau pengaturan bobot kontrol tidak akan dibahas secara rinci.
4. Penelitian ini akan mempelajari integrasi sistem kendali suhu iTCLab dengan IoT untuk pemantauan dan kendali jarak jauh. Namun, aspek teknis terkait infrastruktur IoT atau protokol komunikasi yang digunakan tidak akan menjadi fokus utama.