

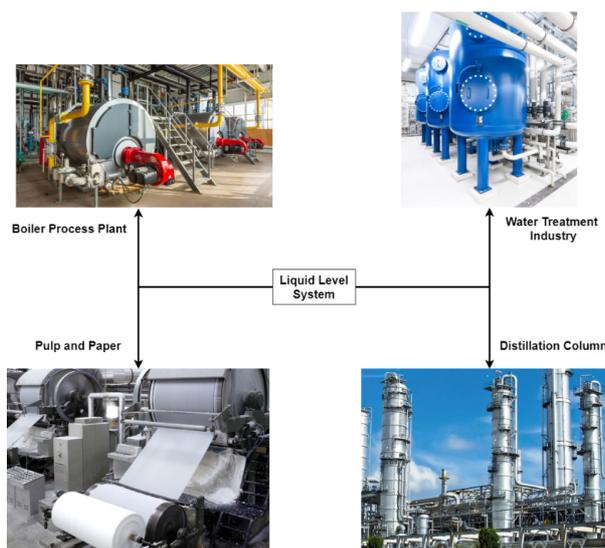
# BAB 1

## ANALISIS KEBUTUHAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi kontrol telah mengalami banyak kemajuan, kontrol otomatis merupakan salah satu bagian penting dalam bidang pengendalian instrumentasi [1]. Sampai saat ini kontrol Proporsional, Integral dan Derivatif (PID) merupakan alat kontrol utama yang banyak digunakan untuk pengontrolan suatu proses di bidang industri. Beberapa besaran proses yang harus diukur dan dikendalikan pada suatu industri proses seperti aliran (*flow*) di dalam pipa, tekanan (*pressure*) di dalam sebuah vessel, suhu (*temperature*) di *heat exchanger* dan permukaan (*level*) zat cair di sebuah tangki.

Pengendalian *Liquid Level System* merupakan salah satu contoh dari besaran proses yang dapat dengan mudah diamati perilakunya, sebagai variabel yang dikendalikan. Pengendalian jenis ini banyak digunakan pada alat pabrik pengolahan air, kertas, dan lainnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1.



**Gambar 1.1** Aplikasi Liquid Level System Pada Industri Proses

Fluida yang dikendalikan pada industri proses biasanya dimulai dengan dipompa dan kemudian dialirkan dari satu tangki ke tangki lain untuk diolah. Proses tersebut dibagi terhadap beberapa jenis tangki seperti *single tank* yaitu tangki yang tidak terhubung dengan tangki yang lain dan *coupled tank* yaitu tangki yang tersusun dan terhubung dengan tangki yang lain [2]. Dinamika CTS menyerupai aplikasi *Liquid Level System* pada industri proses, bentuk aplikasi yang sederhana sangat cocok untuk mendemonstrasikan analisis strategi kendali.

Sistem kendali *coupled tank* merupakan kendali sistem orde dua yang pengendaliannya level fluida pada tangki dua berasal dari masukan fluida tangki pertama, sehingga untuk menjaga level fluida agar sesuai dengan *setpoint* diperlukan kinerja kontrol PID yang baik. Kontrol PID mampu membuat sistem dua tangki menjadi stabil agar diperoleh respon yang cepat dengan *error steady state* yang kecil.

Sistem kendali dua tangki akan memberikan eksperimen terhadap praktikan untuk mempelajari karakteristik respon sistem dan pengaruh kontrol PID terhadap *plant*. Hal inilah yang menjadikan pemikiran untuk mengembangkan pengendalian sistem *coupled tank* untuk skala Laboratorium sebagai alat peraga praktikum.

Sebelum membahas pengembangan sistem kendali dua tangki ini, kami mengamati keadaan kit praktikum yang sudah tersedia. Laboratorium Sistem Kendali Dasar (SKD) S1 Teknik Elektro Universitas Telkom memiliki beberapa kit praktikum, yaitu kit kecepatan motor DC, kit kontrol posisi motor DC, dan kit kontrol suhu menggunakan elemen pemanas. Ketiga kit praktikum tersebut membutuhkan waktu 40 menit untuk pengoperasiannya. Asisten akan lebih dominan saat memperagakan kit praktikum dan praktikan hanya dapat memperhatikan demo kit praktikum dan mencatat hasil data.

Dengan demikian, kit praktikum dinilai kurang interaktif sehingga diragukan efektivitasnya. Selain itu, para asisten cenderung terburu-buru saat menjelaskan/memperagakan kit karena keterbatasan praktikum. Tabel 1.1 menjelaskan susunan kegiatan tersebut. Sehingga pengembangan sistem kendali dua tangki tidak akan memakan waktu  $\leq 30$  menit untuk dioperasikan. Berikut merupakan tahapan pengoperasian 30 menit yang dimaksud :

1. Menghubungkan mikrokontroler dengan PC dan membuka aplikasi GUI
2. Menentukan mode pengontrolan *coupled tank* dan konfigurasi lainnya
3. Menganalisa keluaran sistem melalui GUI

**Tabel 1.1** Susunan Kegiatan Praktikum Sistem Kendali Dasar

No.	Sesi Praktikum	Batas Waktu
1	Tes Awal (TA)	10 menit
2	Asisten menjelaskan dasar teori modul	15 menit
3	Pelaksanaan Percobaan	40 menit
5	Mencatat hasil data keluaran sistem	10 menit
6	Analisa hasil data dan pengerjaan jurnal	10 menit
7	Tanya jawab	5 menit
<b>Total waktu praktikum</b>		<b>± 90 menit</b>

Setelah menganalisis kondisi alat peraga (kit praktikum), pengembangan sistem kendali ketinggian air pada *coupled tank* juga harus sesuai dengan materi di laboratorium sistem kendali dasar (SKD). Lab tersebut menyusun materi praktikumnya kedalam 4 buah bab yang berfokus pada pengenalan sistem kendali, respon sistem orde 1 dan orde 2, *error steady state*, serta kendali PID. Oleh karena itu, jika sistem dua tangki ingin diterapkan sebagai media pembelajaran di S1 Teknik Elektro Universitas Telkom. Maka perancangan sistem harus dibuat sedemikian rupa agar dapat menyesuaikan dengan materi di lab. SKD.

Alat peraga harus bisa memperlihatkan karakteristik respon sistem dengan memperhatikan model matematisnya baik saat kondisi *transient* maupun di kondisi *steady state*. Disisi lain, kontrol sistem harus berupa mikrokontroler digital yang mampu bekerja dengan mekanisme kendali PID. Hal ini dikarenakan pengguna utama adalah praktikan laboratorium yang berupa mahasiswa teknik elektro semester 5 yang sudah terbiasa dengan *board* mikrokontroler, seperti Arduino. Selain itu mata kuliah kendali dasar di semester 5 juga masih berfokus pada kendali konvensional seperti PID.

Sebenarnya ada salah satu solusi praktis untuk mengatasi permasalahan diatas, yakni dengan membeli kit kontrol PID yang sudah tersedia dipasaran. Namun terdapat keterbatasan anggaran untuk pengadaan sistem kendali dua tangki tidak bisa lebih dari Rp 7,000,000 berikuit dengan penambahan *safety factor 5%*. *Safety factor 5%* merupakan suatu tindakan untuk mengantisipasi atau menyisakan margin sebesar 5% dari anggaran atau biaya yang telah ditetapkan. Penggunaan *safety factor* ini bertujuan untuk menghadapi kemungkinan adanya perubahan biaya atau variabel ekonomi lainnya yang dapat mempengaruhi anggaran pengeluaran sistem.

Pada *Capstone Design* ini akan membahas mengenai pengembangan sistem kendali ketinggian air pada *coupled tank* menggunakan metode PID. Terdapat juga penambahan GUI (*Graphical User Interface*) pada sistem ini ditambahkan untuk memudahkan proses praktikum serta kebutuhan analisis praktikan.

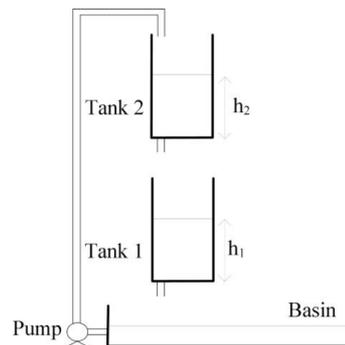
## 1.2 Informasi Pendukung

Melalui bukunya, *The Fourth Industrial Revolution* [3], Prof. Klaus Schwab menyatakan bahwa revolusi industri 4.0 secara fundamental dapat mengubah cara hidup, bekerja, dan berhubungan satu dengan yang lain. Dimana pabrik-pabrik nyaris tidak membutuhkan tenaga manusia lagi, selain itu akan banyak tenaga kerja yang diprediksi

menjadi pengangguran karena terbatasnya peluang kerja dan perubahan industri yang membutuhkan standar kompetensi tinggi.

Kontroler PID telah memiliki sejarah penggunaan yang panjang dan berhasil bertahan dari perubahan teknologi dari era analog menjadi era sistem kontrol komputer digital dengan cukup memuaskan. Kontroler PID adalah kontroler pertama (dan satu-satunya) yang diproduksi massal untuk pasar volume tinggi yang ada di industri proses [4]. Pada sistem pengendalian level tangki memiliki karakteristik *non-linear* dalam proses industri yang kompleks. Dimana sebagian besar keberhasilan performa sistem ditentukan oleh nilai *steady state error*, *overshoot*, *rising time*, dan *settling time* nya[5].

*Coupled Tank System* (CTS) merupakan model serbaguna yang dapat digunakan untuk mempelajari berbagai aspek kendali level cairan, termasuk gangguan (*disturbance*), non-linearitas, dan *time delays* [6]. Pada Gambar 1.2 merupakan contoh sistem dua tangki pada penelitian “*Observer-Based Backstepping Controller for a State Coupled two-tank System*” [7].



**Gambar 1.2** Sistem dua tangki (*coupled tank system*) [7]

Modul *kit Level Control Trainer* [8] dengan harga INR 90,000 (Rp 17,321,000) yang tersedia di pasaran merupakan modul kit pembelajaran kontrol PID. Namun, terdapat perbedaan mendasar antara modul kit tersebut dengan CTS yang akan kami kembangkan sebagai alat peraga praktikum sistem kendali dasar. Modul kit tersebut tidak dilengkapi dengan perangkat lunak ataupun antarmuka yang memungkinkan akses pengendalian dan pemantauan sistem untuk pengalaman pembelajaran yang interaktif.

### 1.3 *Constraint*

#### 1.3.1 *Aspek Pembelajaran*

Sistem difokuskan sebagai media pembelajaran teori kendali PID dan aplikasi metode *tuning*-nya. Terdapat beberapa aspek pembelajaran yang harus dipertimbangkan sebagai bagian dari batasan pembuatan alat ini (*constraint*). Alat ini merepresentasikan

perubahan perilaku terhadap pengaturan tiap parameter PID dan memungkinkan praktikan serta asisten praktikum sistem kendali dasar mempelajari aplikasi metode tuning PID seperti Ziegler-Nichols (Z-N) dan *Trial and Error* secara praktis.

### **1.3.2 Aspek Kinerja dan Respon Sistem Kendali**

Sistem kendali ketinggian air pada *coupled tank* dapat bekerja dengan efektif. Maksud dari efektif tersebut adalah sistem mencapai *setpoint* dengan cepat dan tepat setelah dikontrol menggunakan nilai PID. Semakin baik reaksi sistem mengikuti *setpoint* yang telah ditentukan dan semakin kecil *error steady state* yang dihasilkan, semakin baiklah kinerja sistem kontrol yang diterapkan. Dengan demikian sistem secara cepat mengubah keluaran *plant* sampai diperoleh nilai *set point* dan nilai aktual yang akurat. Tidak hanya sekedar mengikuti *setpoint*, kendali sistem *coupled tank* dituntut untuk mengikuti *setpoint* tersebut dalam waktu yang cepat.

### **1.3.3 Aspek Biaya**

Terdapat hal-hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan alat peraga CTS ini untuk menghindari hambatan dalam proses tersebut dan mempertimbangkan kesiapan manufakturnya. Desain yang dibuat akan memegang peran penting dalam proses pembuatan dan pemilihan bahan baku (perlengkapan). Solusi yang ditawarkan perlu mempertimbangkan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) dengan batas maksimum total *cost of production* yaitu Rp 7,000,000.

### **1.3.4 Aspek Pengalaman Pengguna**

Hasil observasi peneliti terhadap laboratorium sistem kendali dasar menunjukkan bahwa laboratorium tersebut telah dilengkapi dengan kit praktikum untuk setiap modul. Meskipun demikian, asisten lebih mendominasi saat mendemonstrasikan kit praktikum, yang mengakibatkan kit tersebut kurang interaktif untuk dioperasikan secara mandiri oleh praktikan. Selain itu, data hasil respon sistem tidak memiliki antarmuka untuk divisualisasikan, sehingga praktikan maupun asisten praktikum harus mencatat hasil respon sistem secara manual.

Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan sistem kendali ketinggian air pada *coupled tank* dengan metode PID yang memudahkan praktikan serta asisten praktikum sistem kendali dasar untuk mengoperasikan alat serta memiliki kemampuan untuk menyimpan hasil data keluaran sistem untuk kebutuhan pengolahan data nya. Melalui

penambahan perangkat lunak antarmuka dan dengan dimensi alat peraga yang memiliki panjang 85 cm, lebar 60 cm dan tinggi 200 cm, pengguna dapat menganalisis sistem secara seksama dan nyaman tanpa memerlukan alat rekam atau alat bantu tambahan.

#### **1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi**

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa kebutuhan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan permasalahan antara lain sebagai berikut:

1. Biaya pengembangan sistem tidak melebihi Rp 7,000,000.
2. Alat peraga dapat merepresentasikan cara kerja pengendali PID pada sistem dua tangki terhubung (*coupled tank*) sehingga memungkinkan sistem untuk mengikuti *setpoint* atau target ketinggian air yang telah ditentukan.
3. Alat harus menunjukkan secara visual respon kendali di kondisi *transient* maupun *steady state* dan dapat memperbaiki performa kendali menggunakan *tuning*.
4. Sistem tidak memakan waktu lebih dari  $\leq 30$  menit untuk dioperasikan, karena perlu mempertimbangkan susunan kegiatan praktikum sistem kendali dasar.
5. Sistem dilengkapi dengan perangkat lunak antarmuka yang memiliki kemampuan untuk memvisualisasikan data hasil respon sistem, menyimpan hasil data, serta memberikan akses terhadap pengontrolan parameter  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ , dan *setpoint*.
6. Dimensi sistem tidak melebihi ukuran panjang 85 cm, lebar 60 cm, dan tinggi 200 cm. Hal ini untuk memastikan mobilitas dan kemudahan penggunaan sistem sebagai alat peraga praktikum sistem kendali dasar (SKD).

#### **1.5 Tujuan**

Berdasarkan penjelasan kebutuhan diatas, maka terdapat beberapa tujuan dalam solusi sistem yang diusulkan yaitu :

1. Mencari solusi pemecahan masalah dalam pendidikan bidang Kendali, khususnya untuk Laboratorium Sistem Kendali Dasar di program studi S1 Teknik Elektro dengan menyesuaikan sistem dengan kebutuhan dan persyaratan laboratorium.
2. Menentukan solusi kit praktikum sistem kendali dasar yang berfokus pada aplikasi kontrol PID pada sistem berorde.
3. Merancang sistem kit praktikum yang mampu memenuhi kebutuhan yang telah ditentukan dengan baik.