

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengendalian level air merupakan salah satu aspek penting dalam berbagai sistem industri dan domestik. Dalam dunia industri, sistem tangki penyimpanan cairan banyak digunakan untuk berbagai keperluan seperti penyimpanan bahan baku, proses pencampuran, pengolahan air limbah, dan sebagainya. Salah satu parameter penting yang harus dijaga pada sistem tangki ini adalah ketinggian atau level air, yang apabila tidak dikontrol dengan baik dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan, penurunan kualitas produk, hingga potensi kecelakaan kerja.

Secara konvensional, kontrol terhadap level air dapat dilakukan secara manual, seperti membuka atau menutup katup secara langsung. Namun, metode ini tidak efisien karena bergantung pada tenaga manusia, kurang akurat, dan tidak responsif terhadap perubahan kondisi secara real-time. Oleh karena itu, diperlukan sistem kontrol otomatis yang mampu menjaga kestabilan level air secara konsisten, efisien, dan andal. Salah satu pendekatan yang paling umum digunakan dalam sistem kontrol otomatis adalah penggunaan kontroler PID (Proportional-Integral-Derivative).

Kontrol PID merupakan algoritma pengendali yang bekerja dengan menghitung nilai kesalahan (*error*) antara nilai setpoint (nilai yang diinginkan) dan nilai aktual, kemudian menghasilkan sinyal kendali berdasarkan kombinasi dari tiga parameter utama: proporsional (P), integral (I), dan derivatif (D). Ketiga parameter ini bekerja secara sinergis untuk mempercepat respon sistem, menghilangkan *error steady-state*, serta meredam osilasi yang mungkin terjadi. Karena kemampuannya yang fleksibel dan adaptif, kontrol PID telah menjadi standar dalam berbagai sistem kontrol, termasuk dalam pengaturan level air.

Di sisi lain, kemajuan teknologi mikrokontroler telah membuka peluang luas dalam implementasi sistem kontrol otomatis dengan biaya yang relatif rendah namun

tetap handal. Salah satu platform mikrokontroler yang paling populer adalah Arduino Uno. Arduino merupakan platform open-source yang mudah diakses, diprogram, dan digunakan oleh pemula maupun profesional. Dengan adanya berbagai library dan komunitas yang luas, Arduino sangat cocok digunakan dalam pengembangan sistem kontrol berbasis PID.

Dalam proyek ini, Arduino Uno digunakan sebagai otak dari sistem pengendali level air. Sistem akan bekerja dengan membaca data dari sensor level air (seperti sensor ultrasonik atau sensor tekanan), kemudian data tersebut diproses menggunakan algoritma PID yang ditanamkan dalam program Arduino. Output dari algoritma PID digunakan untuk mengendalikan aktuator, misalnya pompa air atau katup otomatis, guna menyesuaikan level air sesuai dengan nilai setpoint yang telah ditentukan.

Dengan menggabungkan teknologi Arduino dan algoritma PID, sistem kontrol level air dapat dibangun secara efisien dan ekonomis. Proyek ini tidak hanya berfungsi sebagai solusi terhadap permasalahan pengendalian cairan dalam skala kecil hingga menengah, tetapi juga sebagai media pembelajaran untuk memahami penerapan teori kontrol dalam praktik nyata. Selain itu, proyek ini memberikan pengalaman langsung dalam mengintegrasikan sensor, aktuator, dan pemrograman mikrokontroler, yang merupakan keterampilan penting dalam dunia teknik dan otomasi industri.

Melalui penelitian dan pengembangan sistem ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai karakteristik sistem kendali PID serta bagaimana mengimplementasikannya dalam perangkat keras secara efektif. Selain itu, proyek ini dapat menjadi dasar pengembangan lebih lanjut untuk sistem kontrol yang lebih kompleks dan berskala besar di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam proyek ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem kontrol level air otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan algoritma PID?

2. Bagaimana prinsip kerja algoritma PID dalam mengendalikan ketinggian air agar tetap stabil sesuai nilai setpoint yang ditentukan?
3. Seberapa efektif dan responsif sistem kontrol PID dalam menjaga kestabilan level air dibandingkan dengan sistem tanpa kontrol (manual atau on-off)?
4. Apa pengaruh nilai konstanta PID (K_p , K_i , dan K_d) terhadap performa sistem dalam menjaga level air tetap stabil?
5. Bagaimana proses kalibrasi sensor dan tuning parameter PID dilakukan agar sistem dapat berfungsi secara optimal?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian/proyek ini lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka dibuat beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem kontrol hanya difokuskan pada pengaturan level air dalam satu buah tangki, tanpa mempertimbangkan sistem multi-tangki atau aliran antar tangki.
2. Sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik (misalnya HC-SR04) untuk membaca ketinggian permukaan air, tanpa membahas jenis sensor lainnya seperti sensor tekanan atau konduktivitas.
3. Algoritma kontrol yang digunakan adalah kontrol PID klasik tanpa modifikasi lanjutan seperti PID adaptif, fuzzy-PID, atau model prediktif.
4. Kontroler yang digunakan adalah Arduino Uno, tanpa membahas platform mikrokontroler lain seperti Raspberry Pi, STM32, atau ESP32.
5. Aktuator yang digunakan adalah pompa air sederhana (on/off atau berbasis PWM), tanpa mempertimbangkan sistem katup otomatis yang lebih kompleks.
6. Lingkungan pengujian dilakukan dalam skala laboratorium atau skala kecil, bukan pada sistem industri berskala besar.
7. Sistem tidak mempertimbangkan gangguan eksternal secara detail, seperti fluktuasi tekanan air atau perubahan suhu yang dapat memengaruhi kinerja sensor dan aktuator.

8. Tuning parameter PID dilakukan secara manual (*trial and error*), bukan menggunakan metode otomatis seperti Ziegler-Nichols atau optimasi berbasis algoritma genetika.

1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian Control Level Air Menggunakan PID Arduino Uno adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem pengendalian ketinggian air (water level control) berbasis Arduino Uno.
2. Menerapkan metode Proportional-Integral-Derivative (PID) untuk menjaga kestabilan level air sesuai dengan setpoint yang diinginkan.
3. Menganalisis kinerja kontrol PID dalam mengatur level air berdasarkan parameter respon sistem seperti waktu naik (*rise time*), waktu tunak (*settling time*), *overshoot*, dan kesalahan tunak (*steady-state error*).
4. Mengetahui pengaruh perubahan parameter PID (K_p , K_i , dan K_d) terhadap kestabilan dan akurasi sistem pengendalian level air.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Menambah wawasan dan pemahaman mengenai penerapan sistem kontrol PID pada pengendalian level air.
 - b. Menjadi referensi akademik bagi penelitian selanjutnya di bidang sistem kontrol otomatis berbasis mikrokontroler.
2. Manfaat Praktis
 - a. Memberikan solusi sederhana dan ekonomis dalam pengendalian level air otomatis menggunakan Arduino Uno.
 - b. Dapat diaplikasikan pada sistem tangki air rumah tangga, industri kecil, maupun laboratorium pendidikan.

- c. Membantu meningkatkan efisiensi penggunaan air serta mengurangi risiko kelebihan atau kekurangan air pada tangki.

3. Manfaat Edukatif

- a. Sebagai media pembelajaran dalam memahami implementasi kontrol PID secara langsung pada perangkat keras.
- b. Meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam perancangan sistem kontrol berbasis mikrokontroler.

1.5 Metode Penyelesaian Masalah

Metode penyelesaian masalah pada penelitian Control Level Air Menggunakan PID Arduino Uno dilakukan secara sistematis dan bertahap agar tujuan penelitian dapat tercapai dengan baik. Metode ini mencakup tahapan analisis permasalahan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, serta evaluasi hasil.

1. Identifikasi dan Analisis Permasalahan

Tahap awal dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan yang sering terjadi pada sistem pengendalian level air konvensional, seperti ketidakstabilan ketinggian air, keterlambatan respon sistem, serta ketergantungan pada pengoperasian manual. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan sistem dan menentukan spesifikasi pengendalian level air yang diinginkan.

2. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan referensi yang berkaitan dengan sistem kontrol level air, metode kontrol Proportional-Integral-Derivative (PID), serta penggunaan Arduino Uno sebagai pengendali utama. Studi literatur diperoleh dari buku, jurnal ilmiah, artikel, dan sumber terpercaya lainnya yang mendukung perancangan dan pengembangan sistem.

3. Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem dibagi menjadi dua bagian, yaitu perancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). a. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Perancangan perangkat keras meliputi penentuan dan penyusunan komponen utama sistem, antara lain Arduino Uno, sensor level air, pompa air, relay atau driver motor, serta catu daya. Seluruh komponen dirancang agar dapat bekerja secara terintegrasi dalam mengontrol ketinggian air pada tangki. b. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan membuat algoritma kontrol PID yang diimplementasikan ke dalam Arduino Uno. Program dirancang untuk membaca data dari sensor level air, membandingkannya dengan nilai setpoint, menghitung nilai kesalahan (*error*), serta menghasilkan sinyal kendali untuk mengatur kerja pompa air berdasarkan parameter PID (K_p , K_i , dan K_d).

4. Implementasi Sistem

Pada tahap ini dilakukan perakitan perangkat keras sesuai dengan desain yang telah dibuat serta pemrograman Arduino Uno berdasarkan algoritma yang telah dirancang. Sistem kemudian diintegrasikan sehingga mampu bekerja secara otomatis dalam mengendalikan level air sesuai dengan setpoint yang ditentukan.

5. Penentuan dan Penyetelan Parameter PID

Parameter PID (K_p , K_i , dan K_d) ditentukan dan disesuaikan melalui proses tuning untuk memperoleh respon sistem yang optimal. Proses tuning dilakukan secara bertahap dengan mengamati respon sistem terhadap perubahan setpoint, sehingga diperoleh nilai parameter yang menghasilkan sistem stabil, cepat, dan akurat.

6. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja pengendalian level air menggunakan kontrol PID. Pengujian meliputi pengamatan respon sistem terhadap perubahan setpoint, gangguan, serta kestabilan level air. Data hasil pengujian dicatat dan dianalisis untuk mengetahui performa sistem.

7. Analisis dan Evaluasi Hasil

Tahap terakhir adalah melakukan analisis terhadap hasil pengujian sistem. Analisis dilakukan dengan membandingkan respon sistem sebelum dan sesudah penerapan kontrol PID, serta mengevaluasi parameter kinerja seperti waktu respon, overshoot, dan kesalahan tunak. Hasil evaluasi digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai efektivitas metode yang digunakan.