

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Permintaan akan sistem pemanas air yang efisien dan otomatis terus meningkat di seluruh dunia seiring dengan pertumbuhan pasar *water heater* yang pesat. Menurut laporan industri, pasar global *water heater* diperkirakan mencapai sekitar USD 30,5 miliar di 2024 dan diproyeksikan tumbuh secara signifikan hingga menembus USD 46,3 miliar pada 2033 dengan *CAGR* sekitar 4,8 %, didorong oleh urbanisasi, pertumbuhan konstruksi perumahan, serta meningkatnya kebutuhan pada solusi pemanas air yang hemat energi dan nyaman[1]. Tren ini juga tercermin pada permintaan teknologi *smart* dan *connected (IoT)* dalam *water heater*, karena konsumen kini semakin mengharapkan kendali suhu yang dapat diatur dan dipantau secara *digital* untuk mengoptimalkan kenyamanan sekaligus efisiensi energi. Pada konteks Indonesia, kebutuhan akan pemanas air otomatis berbasis mikrokontroler juga relevan mengingat keterbatasan kontrol suhu pada pemanas air konvensional yang masih banyak ditemui di rumah tangga maupun industri kecil, serta meningkatnya fokus pada efisiensi energi sebagai bagian dari upaya pengurangan konsumsi listrik domestik.

Meskipun teknologi kontrol suhu telah berkembang, sebagian besar sistem pemanas air masih menerapkan metode manual atau *on/off* sederhana yang menyebabkan *overshoot* suhu, respons lambat terhadap gangguan, dan konsumsi energi yang tidak efisien. Hal ini menjadi masalah nyata terutama pada sistem yang harus mempertahankan suhu dalam rentang tertentu secara konsisten. Dalam sistem kendali otomatis, penggunaan *PID (Proportional-Integral-Derivative)* telah terbukti mampu menghasilkan kontrol yang lebih

stabil dan cepat dibandingkan logika *on/off*, namun tuning parameter *PID* untuk sistem pemanas air dengan karakteristik termal *non-linier* tetap menjadi tantangan utama. Penelitian seperti *Temperature Control System for Water heater with Servo Valve using PID Method* menunjukkan penerapan *PID* dalam mengatur suhu air antara 30 °C hingga 60 °C secara otomatis, namun masih memerlukan pengembangan lanjut terutama dalam hal kestabilan dan tuning otomatis parameter kontrol [2].

Sejumlah studi empiris telah mendemonstrasikan penerapan *PID* dalam sistem pemanas air otomatis, namun dengan fokus yang berbeda-beda. Mahendra et al. merancang pemanas air dengan kontrol *PID* menggunakan *Arduino mega* dan sensor DS18B20 untuk meningkatkan efisiensi dan stabilitas suhu panas, tetapi parameter *PID* ditetapkan secara manual yang belum menjamin performa optimal di semua kondisi operasi [3]. Penelitian lain oleh Pranda Prasetyo menunjukkan sistem yang menggabungkan servo valve untuk percepatan waktu respons, namun mekanisme penyesuaian otomatis *PID* masih terbatas [2]. Ada pula studi implementasi sistem pemanas air berbasis *ESP32* dan *IoT* yang berhasil mempertahankan suhu antara 24 °C - 40 °C dengan monitoring jarak jauh melalui aplikasi, tetapi tidak mengeksplorasi pengaturan kontrol lanjutan seperti *PID* untuk mengatasi gangguan dinamis pada suhu [4].

Pengembangan sistem pemanas air otomatis yang efektif harus mempertimbangkan kebutuhan fungsional penggunaan nyata alat, khususnya jika sistem tersebut diterapkan pada *water heater* kamar mandi rumah tangga. Berbeda dengan percobaan laboratorium yang menggunakan tangki kecil (<10 liter) untuk pemanasan simulasi, penggunaan *water heater* di kamar

mandi umumnya memerlukan kapasitas tangki yang lebih besar dan karakteristik suhu tertentu sehingga menghasilkan kenyamanan dan keamanan bagi pengguna. Dalam studi eksperimen yang dilakukan terhadap pemanas air mandi, suhu ideal yang dicapai untuk mandi berkisar di angka sekitar  $37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  dalam waktu 30 menit pada tangki berkapasitas 10 liter, namun kapasitas kecil ini perlu ditingkatkan untuk aplikasi rumah tangga yang realistis sehingga diperlukan tangki dengan volume lebih besar serta daya pemanas yang memadai untuk mencapai suhu target secara cepat [5].

Standar praktis penggunaan *water heater* domestik menunjukkan bahwa suhu air panas yang nyaman untuk mandi umumnya berada dalam kisaran sekitar  $37\text{--}45\text{ }^{\circ}\text{C}$  agar memberikan sensasi mandi yang aman tanpa risiko terbakarnya kulit serta meningkatkan kenyamanan pengguna. Penelitian lain juga mengadopsi rentang suhu  $40\text{--}45\text{ }^{\circ}\text{C}$  sebagai parameter kerja *water heater* untuk keperluan mandi, sesuai dengan standar perencanaan sistem pemanas air dalam peraturan teknis yang berlaku [6]. Untuk aplikasi di kamar mandi, ini berarti perancangan sistem kendali *PID* harus disesuaikan agar mampu mengatur suhu dalam rentang tersebut secara stabil dan responsif, mengingat fluktuasi *input* panas akibat variasi permintaan pengguna, volume tangki, serta sifat kehilangan panas lingkungan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat diidentifikasi bahwa sistem pemanas air konvensional masih menghadapi berbagai permasalahan, khususnya dalam hal kestabilan suhu, efisiensi energi, dan respons terhadap gangguan. Penggunaan metode kontrol sederhana seperti

*on/off* belum mampu menjaga suhu air secara presisi sesuai nilai *setpoint* yang diinginkan. Selain itu, karakteristik sistem pemanas air yang bersifat nonlinier dan memiliki konstanta waktu besar menimbulkan tantangan tersendiri dalam perancangan sistem kendali yang andal. Oleh karena itu, permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pemanas air otomatis berbasis mikrokontroler yang mampu mengontrol suhu air secara stabil dan akurat?
2. Bagaimana mengimplementasikan algoritma *PID controller* untuk mengendalikan suhu air sesuai *setpoint* yang ditentukan?
3. Bagaimana kinerja sistem *PID* dalam mempertahankan suhu air sesuai *setpoint*?
4. Sejauh mana sistem yang dirancang mampu meningkatkan stabilitas suhu?

### **1.3 Batasan Masalah**

Agar skripsi ini lebih terfokus dan sesuai dengan tujuan yang diharapkan, maka diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dirancang hanya difokuskan pada pengendalian suhu air menggunakan metode *PID controller*.
2. Media pemanas yang digunakan adalah elemen pemanas listrik dengan sumber tegangan sesuai spesifikasi alat.
3. Mikrokontroler yang digunakan berfungsi sebagai pengolah data sensor suhu dan pengendali aktuator pemanas.
4. Sensor suhu yang digunakan hanya mengukur suhu air dalam satu titik pengukuran.

5. Pengujian sistem dilakukan dalam skala laboratorium dan tidak membahas aspek komersialisasi alat.
6. Penelitian tidak membahas integrasi sistem dengan jaringan internet (*IoT*).
7. Sistem pemanas air hanya dapat dioperasikan ketika tangki telah terisi penuh, karena elemen pemanas ditempatkan pada bagian atas tangki. Apabila air belum menyentuh elemen pemanas, maka panas yang dihasilkan *heater* tidak dapat terserap oleh air dan berpotensi menyebabkan kerusakan pada tangki.
8. Sistem ini belum dilengkapi dengan sensor level air untuk mendeteksi kondisi tangki penuh. Oleh karena itu, proses pengisian air dilakukan secara manual dengan membuka kran *output*. Tangki dianggap telah penuh apabila air mulai keluar dari kran *output* tersebut.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan merealisasikan sistem pemanas air otomatis berbasis mikrokontroler.
2. Mengimplementasikan algoritma *PID controller* untuk mengendalikan suhu air sesuai nilai *setpoint* yang ditetapkan.
3. Menganalisis kinerja sistem kendali *PID* berdasarkan parameter respon waktu.

#### **1.5 Relevansi**

Penelitian ini memiliki relevansi yang kuat terhadap perkembangan teknologi otomasi dan sistem kendali, khususnya dalam penerapan kontrol

suhu berbasis mikrokontroler. Seiring meningkatnya kebutuhan akan sistem pemanas air yang efisien dan presisi, penerapan *PID controller* menjadi solusi yang relevan dan aplikatif. Selain itu, penelitian ini sejalan dengan kebutuhan industri dan rumah tangga akan sistem pemanas air yang hemat energi, stabil, dan mudah diimplementasikan. Hasil penelitian ini juga relevan sebagai referensi akademik dalam bidang sistem kendali, instrumentasi, dan otomasi berbasis mikrokontroler.

## 1.6 Metodologi

Dalam proses perancangan automasi beberapa metodologi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Studi Literatur

Tahap ini dilakukan dengan mempelajari teori-teori pendukung yang berkaitan dengan sistem pemanas air, sensor suhu, mikrokontroler, serta algoritma *PID controller* dari buku, jurnal ilmiah, dan penelitian terdahulu yang relevan.

2. Perancangan Alat

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem secara keseluruhan, meliputi perancangan blok diagram, rangkaian sensor suhu, rangkaian aktuator pemanas, serta perancangan algoritma *PID* pada mikrokontroler.

3. Konstruksi Alat

Tahap ini mencakup proses perakitan Hardware sesuai dengan desain yang telah dibuat, termasuk pemasangan sensor, elemen pemanas, mikrokontroler, dan komponen pendukung lainnya.

4. Pengukuran dan Pengujian Alat

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam mempertahankan suhu air pada nilai *setpoint* tertentu, serta mengamati respon sistem terhadap gangguan dan perubahan beban.

## 5. Pembuatan Buku

Seluruh proses perancangan, pengujian, analisis data, serta hasil penelitian didokumentasikan secara sistematis dalam bentuk laporan skripsi.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Sebagai langkah awal untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang penelitian ini, berikut disajikan sistematika penulisan skripsi yang menjelaskan struktur dan urutan pembahasan dari setiap bab yang akan dibahas dalam penelitian ini:

|         |                                                                                                                                      |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BAB I   | PENDAHULUAN                                                                                                                          |
|         | Bab yang berisi tentang Latar Belakang, Perumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan, Relevansi, Metodologi dan Sistematika Penulisan. |
| BAB II  | LANDASAN TEORI                                                                                                                       |
|         | Bab ini membahas tinjauan pustaka serta teori-teori pendukung yang berkaitan dengan dasar dan pembuatan alat                         |
| BAB III | PERANCANGAN ALAT                                                                                                                     |
|         | Bab ini berisi tentang cara dalam perancangan pada alat.                                                                             |
| BAB IV  | PENGUKURAN DAN PENGUJIAN ALAT                                                                                                        |

Bab ini berisi tentang konstruksi perangkat keras dan perangkat lunak serta data hasil pengujian alat.

## BAB V

### KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan hasil uji coba kinerja dan spesifikasi dari alat yang telah dibuat.