

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Pengelolaan air untuk penyiraman tanaman masih menjadi masalah umum baik pada skala rumah tangga maupun pertanian kecil. Banyak tanaman mengalami kekeringan karena penyiraman tidak teratur akibat kesibukan pengguna atau kurangnya pemahaman mengenai kebutuhan air tanaman [1]. Di sisi lain, penyiraman manual sering menimbulkan pemborosan air. FAO mencatat bahwa lebih dari 60% air penyiraman terbuang karena ketidaktepatan waktu dan volume penyiraman pada sistem tradisional [2]. Di Indonesia sendiri, Kementerian Pertanian melaporkan bahwa sekitar 45% penggunaan air irigasi rumah tangga tidak efisien karena dilakukan tanpa pemantauan kondisi tanaman maupun volume air yang tersedia [3].

Permasalahan lain yang muncul adalah penggunaan tandon air tanpa sistem kontrol otomatis. Banyak pengguna mengalami kesulitan memantau kondisi tandon secara berkala, sehingga pompa sering dibiarkan menyala terlalu lama hingga air habis atau tandon meluap. Kondisi ini tidak hanya merusak pompa tetapi juga meningkatkan konsumsi daya listrik secara signifikan [4]. Tanpa sistem pemantauan jarak jauh, pengguna tidak dapat mengetahui kapan tandon penuh atau kosong ketika sedang tidak berada di lokasi [5]. Hal inilah yang membuat sistem monitoring otomatis menjadi sangat dibutuhkan.

Seiring perkembangan teknologi, Internet of Things (IoT) menawarkan solusi yang lebih efektif melalui integrasi sensor, mikrokontroler, dan koneksi internet untuk melakukan pemantauan secara real-time [6]. Pada berbagai penelitian sebelumnya, IoT telah digunakan untuk memantau kelembapan tanah, mengontrol irigasi otomatis, dan mengoptimalkan penggunaan air [7]. Namun sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada sektor pertanian skala besar, menggunakan sensor kelembapan tanah atau ultrasonik saja, dan belum menekankan keamanan pompa serta kapasitas tandon sebagai bagian utama sistem penyiraman [8].

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan keterbatasan yang masih perlu ditangani. Vijendra et al. [9] hanya mengoptimalkan penyiraman berdasarkan sensor lingkungan tanpa mengimplementasikan sistem deteksi level air untuk melindungi pompa. Muley & Bhonge [10] menggunakan protokol 6LoWPAN yang kompleks dan tidak relevan untuk penggunaan rumah tangga yang membutuhkan sistem yang lebih sederhana dan murah. Kumar et al. [11] berfokus pada pemantauan irigasi, namun tidak menyediakan mekanisme peringatan fisik seperti buzzer maupun integrasi float switch. Dengan demikian, terdapat gap penelitian berupa minimnya

sistem penyiraman otomatis skala rumah tangga yang menggabungkan sensor ketinggian air, kontrol pompa otomatis, alarm fisik, serta pemantauan real-time via aplikasi mobile.

Berangkat dari permasalahan tersebut, penelitian ini menawarkan sistem baru berupa kendali tandon air otomatis berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan float switch untuk deteksi penuh/kosong, sensor ultrasonik JSN-SR04T untuk mengukur jarak air, modul relay untuk kontrol pompa, serta buzzer sebagai indikator peringatan. Seluruh data dikirimkan ke aplikasi mobile berbasis Flutter secara real-time melalui MQTT sehingga pengguna dapat melakukan monitoring maupun kendali jarak jauh. Sistem ini bersifat sederhana, hemat biaya, serta dapat diaplikasikan dalam konteks rumah tangga, bukan hanya pertanian. Inilah yang menjadi novelty dari penelitian ini:

- menggabungkan dua jenis sensor (float switch + ultrasonik) untuk keamanan tandon,
- pengendalian pompa yang aman dengan kondisi penuh/kosong,
- integrasi notifikasi fisik (buzzer) plus monitoring digital (Flutter),
- fokus pada kebutuhan non-pertanian yang belum banyak dikembangkan.

1.2 Rumusan Masalah

Merujuk pada latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, fokus permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang serta mengimplementasikan sistem kontrol tandon air otomatis berbasis IoT dengan memanfaatkan ESP32 yang terintegrasi dengan float switch, modul pengendali pompa, dan buzzer untuk memonitoring kapasitas air secara real-time serta memberikan notifikasi otomatis ketika tandon dalam kondisi penuh maupun kosong.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem pengendalian tandon air otomatis berbasis IoT yang memanfaatkan ESP32, dengan integrasi float switch sebagai sensor ketinggian air, modul pengendali pompa air, serta buzzer sebagai indikator peringatan. Sistem ini dirancang guna meningkatkan ketepatan dalam memonitoring kapasitas air secara waktu nyata, mengontrol pompa secara otomatis berdasarkan kondisi tandon, serta memberikan notifikasi ketika air mencapai batas penuh atau hampir habis sebagai upaya mendukung pengelolaan air yang efisien dan aman.

1.3.2 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi dalam penerapan Internet of Things (IoT) untuk sistem pengelolaan air berbasis sensor, khususnya integrasi mikrokontroler ESP32 dengan float switch dan modul aktuator pompa.
2. Memperkaya studi mengenai implementasi sensor level air sederhana (float switch) dalam sistem otomatisasi rumah atau pertanian, serta validasi pembacaan sensor pada perangkat mikrokontroler.
3. Menjadi acuan akademis untuk pengembangan sistem otomatis berbasis sensor dan aktuator dalam konteks pengelolaan air, termasuk optimasi logika deteksi kapasitas air dan kendali pompa.
4. Meningkatkan keselamatan penggunaan pompa, di mana mekanisme otomatis mencegah pompa bekerja saat tandon penuh atau kosong, sehingga mengurangi risiko kerusakan dan konsumsi daya berlebih.
5. Meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai peran teknologi IoT dalam manajemen air yang lebih efisien, hemat energi, dan berkelanjutan, terutama pada aplikasi rumah tangga dan pertanian skala kecil.

1.4 Batasan Penelitian

Ruang lingkup permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini meliputi hal-hal berikut:

1. Komunikasi antara perangkat keras dan aplikasi mobile hanya menggunakan jaringan Wi-Fi, sehingga belum mendukung bentuk komunikasi lain seperti Bluetooth, LoRa, atau GSM.
2. Aplikasi pemantauan dikembangkan menggunakan Flutter dan hanya diperuntukkan bagi perangkat Android, sehingga belum dioptimalkan untuk platform iOS atau sistem operasi lainnya.
3. Penggunaan sensor level air terbatas pada dua buah float switch, sehingga sistem hanya mendeteksi kondisi air dalam dua status utama, yaitu “penuh” dan “hampir habis”, tanpa kemampuan pembacaan level air secara bertingkat.
4. Pengujian sistem dilakukan menggunakan tandon air berkapasitas kecil-menengah (7–10 liter) sehingga belum diuji pada skala industri atau tandon berkapasitas besar.

5. Sistem tidak mencakup proteksi perangkat terhadap kondisi cuaca ekstrem, seperti hujan deras atau panas tinggi, mengingat prototipe menggunakan project box yang hanya mendukung perlindungan dasar.
6. Kontrol pompa hanya berdasarkan hasil pembacaan float switch, tanpa integrasi algoritma lanjutan seperti adaptive control maupun prediksi konsumsi air harian.
7. Sumber daya prototipe menggunakan baterai 18650 dan modul step-down, sehingga performa pengujian bergantung pada kondisi baterai dan belum diuji dalam penggunaan listrik PLN secara terus-menerus.

1.5 Keterbaruan Penelitian

Penelitian ini menghadirkan sejumlah kebaruan jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu mengenai sistem penyiraman otomatis berbasis Internet of Things (IoT), sensor ultrasonik, serta mekanisme monitoring dan kontrol jarak jauh.

1. Vijendra et al. [17] mengusulkan otomasi sistem irigasi berbasis IoT untuk meningkatkan efisiensi penyiraman pada lahan pertanian. Namun, penelitian tersebut hanya berfokus pada optimasi penyiraman berdasarkan parameter lingkungan. Pada penelitian ini, kebaruan terletak pada integrasi mekanisme otomasi berbasis sensor *float switch*, kendali pompa air, serta sistem notifikasi kondisi penuh/ kosong yang diterapkan pada konteks non-pertanian, yaitu sistem penyiraman otomatis untuk kebutuhan rumah tangga.
2. Muley & Bhonge [18] mengembangkan sistem irigasi yang dimonitor dan dikontrol secara jarak jauh menggunakan protokol wireless 6LoWPAN. Berbeda dengan itu, penelitian ini menggunakan ESP8266 berbasis Wi-Fi sebagai pusat kendali yang lebih sederhana, terjangkau, dan mudah diintegrasikan dengan aplikasi mobile, sehingga lebih cocok untuk skala kecil dan lingkungan terbatas.
3. Kumar et al. [19] mengimplementasikan metode berbasis IoT untuk memantau dan mengontrol sistem irigasi modern serta pengelolaan air pada lahan pertanian. Penelitian ini memperbarui pendekatan tersebut dengan menerapkan kontrol otomatis melalui sensor ketinggian air (*float switch*) serta mekanisme alarm buzzer untuk mendeteksi kondisi tangki, menyediakan solusi yang lebih responsif untuk skenario sistem penyiraman indoor atau rumah tangga.

4. Boursianis et al. [20] merancang sistem irigasi presisi menggunakan AREThOU5A IoT platform dengan kemampuan analisis data kompleks. Sementara penelitian tersebut fokus pada sistem irigasi berskala besar dan berbasis analitik, penelitian ini memperkenalkan kebaruan melalui sistem penyiraman otomatis sederhana namun efisien, yang dapat dioperasikan tanpa platform cloud kompleks dan hanya mengandalkan mikrokontroler ESP8266.
5. Kour et al. [21] melakukan survei mengenai penerapan IoT dalam sektor pertanian. Penelitian ini mengambil inspirasi dari konsep tersebut, tetapi mengembangkan penerapan IoT pada bidang berbeda yaitu manajemen sistem