

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan air bersih merupakan aspek fundamental dalam menunjang kehidupan masyarakat, khususnya di wilayah pedesaan yang masih bergantung pada sumber air tanah serta sistem distribusi lokal. Dalam praktiknya, pengelolaan sistem distribusi air di daerah tersebut seringkali menghadapi berbagai kendala, salah satunya adalah jarak antara sumber air atau pompa dengan tandon penampungan yang relatif jauh. Kondisi ini menyebabkan proses pengisian air menjadi kurang efisien serta sulit untuk dikontrol secara langsung. Pada sistem konvensional, pengoperasian pompa air umumnya masih dilakukan secara manual. Operator harus berpindah lokasi untuk menyalakan atau mematikan pompa sesuai kondisi tandon. Hal ini tidak hanya menyulitkan dari segi operasional, tetapi juga berpotensi menimbulkan permasalahan seperti pemborosan energi, luapan air akibat keterlambatan penghentian pompa, maupun kekosongan tandon karena keterlambatan pengisian. Keterbatasan sistem manual ini terutama terletak pada aspek aksesibilitas dan kecepatan respons terhadap perubahan kondisi di lapangan[1] .

Permasalahan tersebut secara nyata ditemukan di Desa Putukrejo, Kecamatan Gondanglegi, Kabupaten Malang, yang pengelolaan air bersihnya dilakukan oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) setempat. Berdasarkan survei lapangan, sistem distribusi air di desa ini menggunakan satu sumber air yang melayani tiga unit pompa, dengan air hasil pemompaan didistribusikan ke sejumlah tandon penampungan yang lokasinya tersebar dengan jarak antara sumber air dan tandon mencapai lebih dari 1 hingga 5 kilometer. Jarak yang jauh ini menyebabkan operator tidak dapat memantau kondisi ketinggian air pada tandon secara langsung dan real-time, sehingga pengisian saat ini masih mengandalkan sistem manual atau timer dengan jadwal tetap tanpa mempertimbangkan kondisi aktual di lapangan. Akibatnya, sering terjadi ketidaksesuaian antara waktu pengisian dengan kebutuhan aktual, seperti tandon yang meluap karena pompa masih menyala saat air sudah penuh, maupun tandon yang kosong karena jadwal pengisian belum tiba padahal kebutuhan warga sedang tinggi. Kondisi ini diperparah oleh jarak antar titik yang jauh, sehingga apabila terjadi gangguan atau kondisi darurat, operator

memerlukan waktu yang tidak sedikit untuk mencapai lokasi dan melakukan penanganan secara manual.

Mengacu pada kondisi tersebut, penelitian ini merancang purwarupa sistem dengan konfigurasi tiga pompa dan tiga tandon. Pemilihan skala tiga pompa dan tiga tandon ini didasarkan pada representasi pola distribusi nyata di Desa Putukrejo, yaitu satu sumber air yang melayani beberapa pompa untuk mendistribusikan air ke beberapa tandon dengan lokasi dan jarak yang berbeda-beda. Skala tiga titik ini dipilih karena telah mampu merepresentasikan variasi kondisi lapangan yang sesungguhnya dimana meliputi jarak antar tandon yang jauh, potensi keterlambatan respons akibat banyaknya titik yang harus dipantau, serta kompleksitas koordinasi antar pompa dalam satu system dan sekaligus menjaga purwarupa tetap pada skala yang applicable untuk dirancang, diuji, dan dianalisis dalam lingkup penelitian ini.

Di sisi lain, air bersih merupakan kebutuhan esensial yang harus terpenuhi pada berbagai sektor, baik domestik, industri, maupun pertanian. Oleh karena itu, pengelolaan distribusi air yang efisien menjadi suatu tantangan yang penting. Secara umum, pemantauan debit air dan ketinggian tandon masih banyak dilakukan secara manual atau menggunakan sistem lokal yang memerlukan intervensi manusia secara berkala [2], [3]. Pendekatan ini cenderung rentan terhadap keterlambatan informasi serta ketidakmampuan dalam mendeteksi gangguan sistem secara dini, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kerugian air (water losses) maupun pemborosan energi akibat pengoperasian pompa yang tidak optimal [4]. Selain itu, pengendalian manual juga meningkatkan risiko terjadinya kegagalan pengisian tandon, baik dalam bentuk kekosongan maupun luapan air [3]. Seiring dengan perkembangan teknologi, diperlukan suatu solusi yang mampu mengatasi keterbatasan tersebut melalui sistem monitoring dan kontrol yang dapat dilakukan secara *real-time* dan jarak jauh. Teknologi *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) telah lama digunakan dalam sistem industri untuk memantau dan mengendalikan proses secara terpusat. Namun, integrasi SCADA dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan pendekatan yang lebih fleksibel, ekonomis, serta mudah diimplementasikan, terutama pada sistem distribusi air skala kecil hingga menengah [5], [6].

SCADA berbasis IoT memungkinkan data yang diperoleh dari sensor

di lapangan, seperti sensor debit air (flow meter) dan sensor level tandon, untuk dikirim dan diakses melalui jaringan internet. Selain itu, sistem ini juga memungkinkan pengendalian aktuator, seperti pompa air, dilakukan dari jarak jauh melalui antarmuka pengguna yang terintegrasi [7]. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji penerapan sistem monitoring tandon air berbasis otomatis dan IoT, yang menunjukkan peningkatan efisiensi serta kemudahan dalam pengelolaan sistem air [1], [8], [9]. Dalam konteks tersebut, pengukuran debit air dan pemantauan level tandon menjadi parameter penting yang harus diperhatikan. Pengukuran debit air yang akurat serta pengendalian level tandon secara otomatis sangat diperlukan untuk menjaga kestabilan pasokan air serta mencegah kerusakan sistem, seperti pompa yang bekerja dalam kondisi tanpa air (*dry run*) atau luapan akibat kelebihan pengisian [9], [10]. Dengan penerapan sistem berbasis IoT–SCADA, data dapat diperoleh secara real-time sehingga operator dapat memantau kondisi sistem kapan saja dan dari mana saja [1], [11].

Implementasi sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi operasional, keandalan sistem, serta responsivitas terhadap gangguan yang terjadi. Selain itu, integrasi antara pengukuran debit air dan level tandon dalam satu sistem monitoring yang terpusat menjadi nilai tambah dibandingkan sistem konvensional yang masih terpisah [12], [13]. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan suatu purwarupa sistem kontrol dan monitoring pengisian tandon air berbasis IoT–SCADA yang terintegrasi dengan pengukuran debit air dan level tandon, sehingga dapat memberikan solusi yang lebih efektif, dan efisien terhadap kebutuhan air.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pemantauan (*monitoring*) debit air dan ketinggian air secara *real-time*, serta kontrol otomatis pengisian tandon air jarak jauh berbasis IoT?
2. Bagaimana mengintegrasikan teknologi IoT dengan sistem SCADA untuk pemantauan, kontrol, dan peringatan dini (*early warning system*) secara terpusat dan andal pada sistem pengisian tandon jarak jauh?

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantauan debit air dan ketinggian air secara *real-time* serta kontrol otomatis pengisian tandon air jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT), serta mengintegrasikan teknologi IoT tersebut dengan sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) guna mendukung fungsi pemantauan, kontrol, dan peringatan dini (*Early Warning System*) secara terpusat dan andal pada sistem pengisian tandon air jarak jauh.

1.4 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan skripsi ini terdapat beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan, antara lain:

1. Sistem difokuskan pada satu sumber air dengan beberapa tandon penampungan, tanpa membahas integrasi dengan sistem distribusi multi-sumber yang lebih kompleks.
2. Sistem yang dirancang merupakan purwarupa (*prototype*) berskala laboratorium, dengan tandon berdiameter atas 30 cm, diameter bawah 26 cm, dan tinggi 34 cm. Masing-masing tandon dilengkapi dengan pompa air bertegangan kerja 12 Volt DC (VDC) dengan arus 3 Ampere (A), sehingga belum diterapkan secara langsung pada sistem distribusi air berskala besar.
3. Sistem tidak memantau (*monitoring*) penggunaan air oleh pengguna akhir (konsumen).
4. Sistem pemantauan dan kontrol menggunakan platform IoT berbasis Haiwell SCADA.

1.5 Sistematika Penulisan

Struktur dan penyusunan penelitian ini disusun dalam beberapa bab dan dijelaskan melalui pembahasan sesuai dengan aturan standar penulisan. Adapun urutan penyusunan skripsi adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang permasalahan yang mendasari dilakukannya penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab dua akan dijelaskan tentang penelitian terdahulu dan dasar teori yang digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab tiga akan dijelaskan tentang bagaimana tahapan rancangan dari penelitian yang dilakukan, berupa: perancangan sistem, perancangan *hardware*, perancangan *software*, flowchart cara kerja sistem keseluruhan, dan flowchart cara kerja scada.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Bab ini memaparkan hasil implementasi sistem yang telah dirancang, meliputi hasil pengujian sensor debit air dan sensor ketinggian tandon, pengujian kontrol pompa secara manual (melalui HMI dan PLC) maupun otomatis berdasarkan ambang batas (*threshold*), pengujian fitur peringatan dini (*Early Warning System*), serta analisis dan pembahasan terhadap keseluruhan hasil pengujian system.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab lima akan dijelaskan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

[HALAMAN INI SENGAJA DI KOSONGKAN]