

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air bersih merupakan kebutuhan vital manusia, namun ketersediaannya semakin terbatas dan kualitasnya sering tidak memenuhi standar kesehatan. Meskipun sebagian besar permukaan bumi tertutup oleh air, hanya sekitar 2,5% yang merupakan air tawar, dan kurang dari 1% yang langsung dapat digunakan [1]. Di banyak wilayah, terutama permukiman yang dibangun di atas lahan bekas persawahan, air tanah masih menjadi sumber utama, tetapi kualitasnya rentan tercemar oleh residu pertanian seperti pupuk dan pestisida [2][3].

Salah satu kontaminan utama yang ditemukan pada air tanah adalah logam besi (Fe). Kandungan Fe dalam air dapat mencapai lebih dari 1 mg/L, yang melebihi ambang batas maksimum sebesar 1,0 mg/L sesuai dengan ketentuan dalam Permenkes No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Air Bersih [4][5]. Konsentrasi tinggi besi menyebabkan perubahan warna air menjadi kecokelatan, menimbulkan rasa dan bau logam, meningkatkan kekeruhan, dan dalam jangka panjang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan seperti iritasi kulit, gangguan pencernaan, dan anemia [6][7].

Selain pencemaran logam, air tanah juga berisiko tercemar oleh mikroorganisme patogen seperti *Escherichia coli* (E. coli), terutama di wilayah permukiman padat atau area bekas persawahan yang sistem sanitasi lingkungannya buruk. Kehadiran E. coli menjadi indikator pencemaran feses dan meningkatkan risiko penyakit yang ditularkan melalui air, seperti diare, infeksi saluran pencernaan[8]. Oleh karena itu, aspek mikrobiologis juga menjadi fokus penting dalam pengolahan air tanah.

Untuk menjawab tantangan tersebut, dalam penelitian ini dirancang sistem filtrasi air tanah menggunakan pendekatan multi-filtrasi berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini terdiri dari empat tahap media penyaring alami, yaitu: filter sedimen 5 mikron, kombinasi zeolit dan ferrolite untuk adsorpsi logam berat, sabut kelapa dan karbon aktif untuk menyerap senyawa organik, serta filter keramik

untuk penyaringan partikel mikro. Sebagai tambahan, digunakan sinar ultraviolet (UV) di tahap akhir untuk inaktivasi mikroba, termasuk E. coli.

Monitoring kualitas air dilakukan menggunakan sensor pH, TDS, dan NTU. Sensor ini tidak hanya menjadi indikator kualitas air, tetapi juga digunakan untuk mengestimasi kadar Fe^{2+} (terlarut) dan Fe^{3+} (endapan) melalui pendekatan regresi berbasis parameter fisikokimia. Data sensor dikirimkan ke platform IoT secara berkala, sehingga pengguna dapat mengevaluasi kualitas air tanpa perlu pengujian laboratorium setiap saat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, maka penulisan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem multi-filtrasi dengan kombinasi media Zeolit, Ferrolite, Sabut Kelapa, Karbon Aktif, dan Filter Keramik dalam menurunkan parameter kualitas air seperti pH, TDS, dan kekeruhan (NTU)?
2. Bagaimana implementasi sistem pemantauan kualitas air berbasis *Internet of Things (IoT)* dapat digunakan untuk mengukur kadar Fe^{2+} dan Fe^{3+} secara tidak langsung melalui parameter pH, TDS, dan NTU dengan delay < 1 detik?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa tujuan penelitian yaitu:

1. Merancang sistem filtrasi berlapis untuk menurunkan kadar zat besi (Fe) dan memperbaiki parameter kualitas air tanah agar sesuai dengan standar baku mutu air bersih. Permenkes No. 32 Tahun 2017, yaitu pH (6,5–8,5), TDS (≤ 1000 mg/L), NTU (≤ 25), dan zat besi ($\text{Fe} \leq 1,0$ mg/L).
2. Mengembangkan sistem monitoring kualitas air berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu mengukur dan mengirimkan data pH, total padatan terlarut (TDS), dan kekeruhan (NTU) dengan delay < 1 detik.

Manfaat Hasil Penelitian

Sistem yang dirancang dapat digunakan oleh masyarakat di wilayah dengan kandungan besi tinggi untuk memperoleh air bersih yang aman digunakan untuk keperluan sehari-hari. Penggunaan sistem ini juga meminimalkan kebutuhan pemantauan manual karena data kualitas air dapat diakses melalui platform berbasis cloud.

Penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan teknologi pengolahan air berbasis *Internet of Things (IoT)*, serta membuka peluang eksplorasi metode estimasi kandungan logam berat (Fe^{2+} dan Fe^{3+}) secara tidak langsung melalui parameter fisika-kimia seperti pH, TDS, dan kekeruhan. Sistem ini relevan untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai pendukung sistem pengambilan keputusan dalam pengelolaan air rumah tangga.

1.4 Batasan Masalah

- 1 Penelitian ini difokuskan pada sistem penyaringan air tanah di lingkungan perumahan bekas lahan persawahan dengan tingkat kandungan besi tinggi.
- 2 Standar kelayakan air yang digunakan mengacu pada Permenkes No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Air Bersih, dengan parameter utama meliputi pH (6,5–8,5), total padatan terlarut ($\text{TDS} \leq 1000 \text{ mg/L}$), kekeruhan ($\text{NTU} \leq 25$), dan kadar zat besi ($\text{Fe} \leq 1,0 \text{ mg/L}$).
- 3 Parameter kualitas air yang diukur terdiri dari pH, TDS, dan NTU, yang berperan sebagai indikator tidak langsung untuk memperkirakan kandungan Fe^{2+} dan Fe^{3+} dalam air. Selain itu, dilakukan pengujian tambahan terhadap parameter mikrobiologi untuk mengevaluasi pengaruh sinar ultraviolet (UV) dalam mengurangi mikroorganisme pada air hasil filtrasi.
- 4 Prototipe sistem dirancang berbasis teknologi IoT dengan fitur pemantauan kualitas air. Sistem ini tidak mencakup uji laboratorium spektrofotometri secara menyeluruh dalam tahap awal pengujian, namun validasi dilakukan dengan pendekatan estimasi berbasis sensor.

1.5 Metode penelitian

1 Studi Literatur

Mengumpulkan referensi dari jurnal, buku, dan regulasi resmi seperti Permenkes No. 32 Tahun 2017 untuk memahami standar kualitas air, karakteristik media filtrasi, serta sistem monitoring berbasis *Internet of Things (IoT)*.

2 Pengambilan Sampel Air

Mengambil sampel air tanah dari beberapa lokasi perumahan di daerah bekas persawahan. Sampel diuji menggunakan sensor pH, TDS, dan NTU untuk mengetahui kondisi awal kualitas air.

3 Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol Otomatis

Merancang sistem monitoring berbasis mikrokontroler dengan sensor pH, TDS, dan turbidity yang dapat mengirimkan data ke cloud dan mengaktifkan pompa filtrasi ulang secara otomatis jika air belum memenuhi standar.

4 Kalibrasi Sensor

Melakukan kalibrasi sensor pH, TDS, dan NTU menggunakan larutan standar untuk memastikan akurasi pengukuran. Proses kalibrasi menghasilkan nilai kompensasi yang digunakan dalam pembacaan data aktual.

5 Pengujian dan Analisis Data

Melakukan pengujian terhadap air sebelum dan sesudah filtrasi. Data yang dikumpulkan dianalisis untuk mengukur efektivitas sistem dalam memperbaiki kualitas air dan mengestimasi kadar zat besi berdasarkan parameter pH, TDS, dan NTU.

6 Kesimpulan dan Evaluasi

Menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengujian dan memberikan rekomendasi untuk perbaikan sistem serta pengembangan lanjutan untuk penelitian selanjutnya.

1.6 Proyeksi Pengguna

Beberapa target atau proyeksi pengguna yang mungkin dapat memanfaatkan hasil penelitian ini:

1. Masyarakat Umum di Perumahan Bekas Lahan Persawahan

Sistem ini dapat membantu masyarakat yang menggunakan air tanah dengan kandungan zat besi tinggi untuk memperoleh air bersih yang memenuhi standar baku mutu berdasarkan Permenkes No. 32 Tahun 2017. Pengguna dapat memantau kualitas air secara langsung melalui aplikasi, dan sistem akan melakukan filtrasi ulang secara otomatis ketika parameter air tidak sesuai ambang batas, sehingga tidak memerlukan pengawasan manual secara terus-menerus.

2. Peneliti dan Institusi Pendidikan

Sistem ini dapat dijadikan referensi atau bahan studi dalam pengembangan teknologi pengolahan air berbasis otomasi dan IoT. Pendekatan estimasi kadar zat besi menggunakan parameter tidak langsung seperti pH, TDS, dan kekeruhan juga dapat menjadi landasan bagi penelitian lanjutan di bidang lingkungan, kimia terapan, atau teknik sistem cerdas.