

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang sangat vital bagi kehidupan manusia, baik untuk keperluan konsumsi, sanitasi, maupun aktivitas ibadah. Menurut data (*WHO*), pada tahun 2023 sekitar 2 miliar penduduk dunia masih belum memiliki akses terhadap air minum yang aman dan layak. Kondisi ini menunjukkan bahwa permasalahan air bersih masih menjadi isu global yang mendesak dan berkelanjutan. Hal tersebut sejalan dengan tujuan keenam *Sustainable Development Goals (SDGs)*, yaitu menjamin ketersediaan dan pengelolaan air bersih serta sanitasi yang berkelanjutan bagi seluruh masyarakat.

Di Indonesia, khususnya di Jakarta wilayah perkotaan padat penduduk dan industri, masalah kualitas air tanah semakin rumit. Di Provinsi DKI Jakarta, air tanah tetap menjadi sumber air bersih utama bagi warga. Namun, data (Vikri A. Haikal, 2024) menunjukkan bahwa 65-75% sumur air tanah di wilayah urban DKI Jakarta tercemar kimiawi ($\text{TDS} > 500 \text{ mg/L}$) dan mikrobiologis (*E. coli* dari limbah rumah tangga), sementara (Pratista Dewa dkk., 2025) melaporkan 70% titik urban mengalami cemaran logam berat seperti Fe dan Mn akibat limbah industri; (Iskandar dkk., 2025) menambahkan bahwa intrusi air laut akibat penurunan muka tanah (*subsidence*) memperparah kontaminasi timbal (Pb) di area padat.

Air yang digunakan sebagai air minum harus memenuhi standar kualitas tertentu agar aman bagi kesehatan manusia. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Standar Kualitas Air Minum, air layak konsumsi harus memenuhi beberapa parameter fisika dan kimia, antara lain nilai Total Dissolved Solids (TDS) maksimal 500 mg/L, pH berada pada rentang 6,5–8,5, serta kekeruhan maksimal 5 NTU. Selain itu, air minum juga harus bebas dari kontaminan berbahaya seperti logam berat dan mikroorganisme patogen yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan apabila dikonsumsi secara terus-menerus.

Ketergantungan masyarakat terhadap air tanah untuk kebutuhan domestik dan fasilitas ibadah masih sangat tinggi. Namun, kondisi air tanah yang tercemar memicu risiko kesehatan sekaligus keraguan akan kesucian air untuk beribadah. Oleh karena itu, penyediaan air bersih yang memenuhi standar kesehatan nasional menjadi prioritas bagi masyarakat.

Komitmen Pemerintah Indonesia dalam menyediakan akses air bersih tertuang dalam visi strategis nasional, termasuk agenda pembangunan berkelanjutan dan penguatan kualitas sumber daya manusia yang sehat. Dalam implementasinya, diperlukan optimalisasi teknologi pengolahan air yang efisien dan berkelanjutan, seperti sistem filtrasi multistage dan membran *Reverse Osmosis (RO)*. Langkah strategis ini tidak hanya bertujuan untuk memenuhi standar kesehatan nasional, tetapi juga untuk memberdayakan masyarakat dalam mengelola sumber daya air secara mandiri demi kemandirian lingkungan.

Sistem filtrasi hybrid menggabungkan berbagai teknik pengolahan air dalam satu rangkaian terintegrasi untuk performa maksimal. Penelitian (Nizam dkk., 2021) menunjukkan zeolit aluminosilikat berpori efektif mengadsorpsi logam berat, amonia, dan partikel tersuspensi, sambil mencegah fouling membran saat dipadukan dengan RO. Teknologi *Reverse Osmosis (RO)* berbasis membran semipermeabel mampu menyisihkan kontaminan terlarut secara efisien, menjadikan hybrid ini ideal untuk air tanah tercemar dan limbah wudhu. Berdasarkan penelitian yang dipublikasikan pada jurnal Universitas Negeri Jakarta (UNJ) Syam dkk., t.t. 2025, penerapan sistem filtrasi hybrid zeolit–RO mampu menurunkan nilai *Total Dissolved Solids (TDS)* dari 1500 mg/L menjadi 45 mg/L, dengan efisiensi penyisihan sekitar 97%, serta menghilangkan hingga 99% bakteri patogen pada air tanah terkontaminasi.

Urgensi pengelolaan air bersih di tempat ibadah menjadi sangat krusial, sebagaimana diungkap dalam penelitian (Rahardjo dkk., 2025) yang menekankan bahwa masjid memerlukan sistem pengolahan berkapasitas hingga 4.000 liter per hari (1.000 GPD) untuk memastikan ketersediaan air wudhu dan air siap minum yang memenuhi standar kesehatan secara berkelanjutan. Pemanfaatan air bekas wudhu merupakan solusi potensial yang belum tergarap maksimal. Berdasarkan studi (Nur dkk., 2025) teknologi filtrasi

multi-media menggunakan kombinasi zeolit dan karbon aktif mampu menyaring kontaminan TSS dan COD dengan efisiensi di atas 70%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem filtrasi yang efisien menjadi kunci utama dalam mengolah air limbah wudhu dan air tanah yang tercemar guna menyediakan sumber air bersih yang memenuhi standar kualitas.

Selain filtrasi, tantangan utama teknologi RO adalah *fouling* atau penyumbatan membran. Berdasarkan studi (Ahmed dkk., 2023) menjelaskan bahwa akumulasi pengotor ini menghambat fluks air dan menaikkan biaya perawatan akibat tingginya tekanan operasional. Sebagai solusi preventif, sistem kontrol otomatis sangat diperlukan untuk menjaga stabilitas membran melalui integrasi *Internet of Things* (IoT).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem filtrasi *hybrid zeolit Reverse Osmosis* berbasis IoT untuk pengolahan air tanah terkontaminasi. Penelitian ini menitikberatkan pada perancangan sistem filtrasi terintegrasi, pengembangan aplikasi untuk monitoring dan kontrol sistem. Pembaruan utama dari penelitian ini terletak pada integrasi antara:

1. Teknologi filtrasi hybrid zeolit–RO untuk pengolahan air tanah.
2. Sistem kontrol pompa air berbasis IoT.
3. Aplikasi monitoring dan kontrol sistem filtrasi.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Kualitas air tanah di wilayah Jakarta mengalami penurunan akibat pencemaran limbah, intrusi air laut, serta aktivitas industri sehingga tidak memenuhi standar air minum.
2. Air tanah terkontaminasi memiliki nilai *Total Dissolved Solids (TDS)* yang tinggi, berbau, dan berwarna keruh sehingga tidak layak dikonsumsi secara langsung.
3. Belum diterapkannya sistem filtrasi yang efektif dan terintegrasi untuk mengolah air tanah terkontaminasi.

4. Pengoperasian pompa feeder, pompa booster, dan solenoid valve pada sistem filtrasi masih memerlukan pengendalian secara langsung atau manual.

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada pengolahan air tanah.
2. Parameter kualitas air yang dianalisis meliputi Total Dissolved Solids (TDS), pH, dan konduktivitas.
3. Sistem pengolahan air yang digunakan adalah sistem filtrasi hybrid yang mengombinasikan media zeolit dan membran Reverse Osmosis (RO), serta dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis berbasis Internet of Things (IoT).
4. Penelitian tidak membahas aspek biologis air secara mendalam dan tidak mencakup analisis kandungan mikroorganisme secara spesifik.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem filtrasi hybrid Zeolit–Reverse Osmosis (RO) untuk mengolah air tanah terkontaminasi menjadi air siap minum?
2. Sejauh mana efektivitas sistem filtrasi *hybrid* Zeolit–RO dalam menurunkan nilai pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan Konduktivitas?
3. Bagaimana implementasi sistem Internet of Things (IoT) untuk mengendalikan pompa feeder, pompa booster, dan solenoid valve pada sistem filtrasi?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem filtrasi hybrid Zeolit–Reverse Osmosis (RO) untuk pengolahan air tanah.
2. Mengimplementasikan sistem Internet of Things (IoT) untuk mengendalikan pompa feeder, pompa booster, dan solenoid valve pada sistem filtrasi.

3. Menerapkan sistem monitoring debit air secara real-time menggunakan sensor flow meter.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.6.1 Manfaat Akademis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan referensi ilmiah dalam bidang pengolahan air bersih, khususnya terkait penerapan sistem filtrasi hybrid Zeolit–RO dan integrasi teknologi IoT.

1.6.2 Manfaat Praktis

1. Memberikan solusi alternatif pengolahan air tanah menjadi air siap minum yang efisien dan berkelanjutan.
2. Memudahkan pengoperasian pompa feeder, pompa booster, dan solenoid valve melalui sistem IoT.
3. Memungkinkan pengguna memantau debit air secara real-time melalui aplikasi.

