

RANCANG BANGUN SISTEM PORTABEL IOT UNTUK PEMETAAN SPASIAL DAN PENENTUAN KELAYAKAN KUALITAS AIR MINUM MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

Zahid Faqih Alim Rabbani

ABSTRAK

Ketersediaan air minum yang aman dan layak konsumsi, terutama dari sumber mata air alami, merupakan kebutuhan fundamental bagi masyarakat. Namun, informasi mengenai kualitas air di berbagai lokasi tersebut seringkali sulit diakses secara *real-time*, bersifat statis, dan tidak memiliki kemampuan prediktif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sebuah sistem cerdas portabel berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu melakukan pemetaan spasial dan prediksi kualitas air minum. Metode yang digunakan adalah rancang bangun, di mana sistem dikembangkan melalui tiga komponen utama: perangkat keras portabel, platform *backend* dan *frontend*, serta model *machine learning*. Perangkat keras dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor multi-parameter (pH, TDS, Suhu, dan Kekaruan) dan sebuah modul GPS untuk akuisisi data lokasi. Data yang terkumpul secara nirkabel dikirim ke server *cloud* untuk disimpan dan diolah. Hasil monitoring divisualisasikan pada sebuah aplikasi interaktif yang menampilkan peta spasial dengan penanda kualitas air. Untuk penentuan kelayakan, diterapkan metode logika fuzzy yang mengolah parameter fisik-kimia menjadi kategori linguistik seperti *Layak*, *Perlu Perlakuan*, dan *Tidak Layak*. Pengujian dilakukan untuk menilai akurasi sensor, keandalan transmisi data, serta validitas klasifikasi fuzzy terhadap standar kualitas air yang berlaku. Hasil penelitian ini berupa prototipe sistem portabel terintegrasi yang tidak hanya menyajikan data kualitas air, tetapi juga memberikan interpretasi langsung mengenai kelayakan air minum berdasarkan lokasi. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis dan informatif bagi masyarakat untuk mengakses informasi kualitas air secara cepat, murah, dan mudah dipahami.

Kata Kunci: *IoT*, Kualitas Air Minum, Pemetaan Spasial, GPS, *Logika Fuzzy*

DESIGN OF A PORTABLE IOT SYSTEM FOR SPATIAL MAPPING AND DETERMINING THE FEASIBILITY OF DRINKING WATER QUALITY USING FUZZY LOGIC

Zahid Faqih Alim Rabbani

ABSTRACT

The availability of safe and drinkable drinking water, especially from natural springs, is a fundamental need for the community. However, information on water quality in various locations is often difficult to access in real time, is static, and lacks predictive capabilities. This research aims to design a portable, Internet of Things (IoT)-based intelligent system capable of spatial mapping and predicting drinking water quality. The design-build method used is design-build, where the system is developed through three main components: portable hardware, backend and frontend platforms, and a machine learning model. The hardware is built using an ESP32 microcontroller integrated with multi-parameter sensors (pH, TDS, temperature, and turbidity) and a GPS module for location data acquisition. The collected data is wirelessly sent to a cloud server for storage and processing. Monitoring results are visualized in an interactive web application that displays a spatial map with water quality markers. For the prediction aspect, an Artificial Neural Network with a Long Short-Term Memory (LSTM) model is trained using historical data to forecast future water quality trends. The result of this research is a prototype of an integrated system that not only reports real-time water quality conditions based on location but also provides projections of future conditions. This system is expected to be an innovative solution that empowers communities with accurate, easily accessible, and predictive information for decision-making regarding safe drinking water consumption.

Keywords: IoT, Drinking Water Quality, Spatial Mapping, GPS, Fuzzy Logic

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air minum yang aman dan bermutu merupakan kebutuhan dasar masyarakat untuk menjaga kesehatan dan mencegah penyakit. Namun, saat ini akses air bersih sangat terbatas, terutama karena pertumbuhan penduduk, polusi, dan perubahan iklim. [1] Ketersediaan air minum yang berkualitas dan aman untuk dikonsumsi merupakan hak dan kebutuhan primer untuk menjaga kesehatan serta kesejahteraan. Menurut WHO, polusi air adalah isu global yang harus dipantau secara ketat agar pihak berwenang dapat segera mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan. Dalam konteks ini, pemantauan parameter kualitas air fisik dan kimia (seperti pH, total padatan terlarut/TDS, kekeruhan, dan suhu) menjadi sangat penting karena parameter-parameter tersebut merupakan indikator utama kelayakan air minum bagi manusia. WHO bahkan menekankan bahwa sifat fisik air (termasuk pH dan kekeruhan) harus dipertahankan dalam batas tertentu untuk memastikan air layak dikonsumsi. [2]

Pendekatan tradisional pemantauan kualitas air pada umumnya mengandalkan pengambilan sampel manual dan pengujian laboratorium periodik. Metode ini bersifat episodik dan memerlukan waktu analisis yang cukup lama. [3] Dengan demikian, data yang diperoleh seringkali terlambat dan tidak real-time, sehingga respons terhadap pencemaran atau perubahan kualitas air menjadi terhambat. Beberapa studi menyatakan bahwa pengujian laboratorium konvensional bersifat manual, mahal, memakan waktu, dan tidak menyediakan umpan balik waktu nyata. [4] Selain itu, sistem monitoring statis hanya melaporkan kondisi di lokasi tertentu saat sampel diambil, tanpa menyajikan gambaran spasial yang dinamis. Keterbatasan temporal dan spasial ini membatasi kemampuan pengawasan kualitas air secara menyeluruh.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) dan sistem lokasi (GPS/GNSS) menawarkan solusi pemantauan kualitas air yang lebih baik. IoT

memungkinkan penggunaan sensor berbiaya rendah yang terus-menerus mengukur parameter kualitas air (misalnya pH, TDS, suhu, kekeruhan) secara real-time. Data sensor dikirim melalui jaringan nirkabel ke platform terpusat untuk analisis dan visualisasi, sehingga monitoring menjadi otomatis dan berkelanjutan. Sistem IoT juga dapat memberikan peringatan dini dan pencatatan data historis secara real-time, meningkatkan efisiensi pengumpulan data dan mendukung pengambilan keputusan cepat saat terjadi perubahan kualitas air. Lebih lanjut, integrasi IoT dengan layanan berbasis lokasi (seperti GPS) memungkinkan pemetaan spasial data kualitas air. Dengan demikian, alat portabel berbasis IoT tidak hanya memberi informasi kualitas air di titik uji, tetapi juga mampu menampilkan peta kualitas di area sekitarnya secara dinamis. Pendekatan ini menyediakan wawasan spasial untuk stakeholder, memberdayakan upaya kolaboratif dalam pengelolaan sumber daya air. [5]

Klasifikasi kelayakan air minum sering melibatkan data yang tidak pasti dan kriteria yang kompleks. Logika fuzzy sangat sesuai digunakan dalam konteks ini karena kemampuannya menangani ketidakpastian dan kekaburan data. Logika fuzzy memungkinkan penggunaan himpunan fuzzy dan aturan inferensi berbasis keanggotaan, sehingga parameter kualitas air dapat dinyatakan dalam istilah linguistik (misalnya “rendah”, “sedang”, “tinggi”). Hal ini meningkatkan toleransi sistem terhadap data yang tidak presisi serta membuat model klasifikasi lebih fleksibel dan mudah dipahami oleh pengambil keputusan non-teknis. Logika fuzzy juga dapat menyatukan berbagai parameter secara simultan untuk menentukan status kelayakan air, membantu menghasilkan keputusan yang lebih holistik dibandingkan metode indeks kualitas air (WQI) konvensional. Oleh karena itu, penggunaan logika fuzzy dalam sistem IoT portabel ini diharapkan mampu memberikan klasifikasi kelayakan air yang andal dan informatif bagi pengguna. [6] [7]

1.1 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang dan membangun sebuah perangkat keras portabel yang mampu mengintegrasikan sensor multi-parameter (pH, TDS, suhu, kekeruhan) dan modul GPS secara efisien?
2. Bagaimana membangun arsitektur sistem IoT yang dapat menerima, menyimpan, dan menyajikan data kualitas air berbasis lokasi (geospasial) pada sebuah platform peta digital secara *real-time*?
3. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem klasifikasi berbasis logika fuzzy untuk menentukan tingkat kelayakan kualitas air minum berdasarkan parameter fisik-kimia yang terukur?
4. Bagaimana menguji dan mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan, mencakup akurasi perangkat keras, fungsionalitas platform, dan validitas model prediksi?

1.2 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan perumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membuat prototipe sistem cerdas portabel untuk monitoring kualitas air minum yang dilengkapi sensor multi-parameter dan GPS.
2. Membangun sebuah platform IoT yang mampu melakukan pemetaan spasial data kualitas air secara *real-time* pada antarmuka peta digital.
3. Mengimplementasikan metode klasifikasi berbasis logika fuzzy untuk menilai kelayakan kualitas air minum dari parameter fisik-kimia yang diukur.
4. Membuktikan bahwa sistem yang terintegrasi dapat berfungsi dengan baik sebagai alat bantu bagi masyarakat untuk mengetahui dan memprediksi kualitas air minum di berbagai sumber mata air.

1.3 Ruang Lingkup

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus, maka ruang lingkup atau batasan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Perangkat keras yang dirancang berbasis mikrokontroler ESP32 dengan sensor yang digunakan adalah sensor pH, TDS, suhu (DS18B20), dan kekeruhan (turbidity).
2. Pengambilan data lokasi menggunakan modul GPS yang terintegrasi pada perangkat.
3. Transmisi data dari perangkat ke server menggunakan koneksi Wi-Fi.
4. Visualisasi data pemetaan spasial disajikan dalam bentuk aplikasi web (*web app*), bukan aplikasi mobile natif.
5. Penelitian ini tidak mencakup pengujian parameter biologis (seperti bakteri *E. coli*) dan kimia kompleks yang memerlukan analisis laboratorium.

1.4 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran yang jelas dan terstruktur mengenai laporan penelitian ini, maka sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN Bab ini berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian, metode penelitian, serta sistematika penulisan laporan skripsi.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI Bab ini menguraikan teori-teori fundamental yang mendukung penelitian, mencakup konsep *Internet of Things* (IoT), mikrokontroler, jenis-jenis sensor yang digunakan, sistem pemasangan global (GPS), *machine learning*, model *Long Short-Term Memory* (LSTM), serta standar kualitas air minum.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN Bab ini menjelaskan secara rinci langkah-langkah penelitian yang dilakukan, mulai dari analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak dalam bentuk diagram blok dan diagram alir, hingga jadwal pelaksanaan penelitian.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN Bab ini menyajikan hasil dari implementasi dan pengujian sistem. Meliputi wujud prototipe perangkat yang telah dibuat, hasil pengujian fungsionalitas alat, tampilan antarmuka platform pemetaan, serta analisis kinerja dan akurasi dari model prediksi *machine learning*.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN Bab ini berisi rangkuman dari seluruh hasil penelitian yang menjawab tujuan dan perumusan masalah, serta menyajikan saran-saran untuk pengembangan sistem di masa mendatang.