

PERANCANGAN ALAT PEMANTAU KUALITAS AIR BERDASARKAN TINGKAT PH DAN TDS

Mochammad Rizky Adjie Prakoso^{1*}, Nibras Faiq Muhammad², Pramono³

¹Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa

1*220103198@mhs.udb.ac.id

²Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Univeristas Duta Bangsa

2nibras_faiqmuhammad@udb.ac.id

³Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa

3pramono@udb.ac.id

Abstrak— Ketersediaan air bersih merupakan kebutuhan pokok bagi masyarakat, namun pemantauan kualitas air pada titik distribusi PDAM Tirta Makmur Kabupaten Sukoharjo saat ini masih menghadapi kendala efisiensi akibat metode pengecekan manual yang memakan waktu dan tenaga. Permasalahan utama terletak pada keterbatasan pemantauan jarak jauh untuk memastikan parameter mutu air tetap berada dalam ambang batas aman. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem berbasis Internet of Things (IoT) sebagai solusi modern dalam memantau kualitas air secara otomatis. Metode penelitian yang digunakan adalah prototyping yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, pembuatan prototipe, dan evaluasi. Tahap perancangan sistem berhasil memformulasikan skema pengkabelan sirkuit elektronik, memetakan spesifikasi perangkat keras utama (ESP32, sensor pH, dan sensor TDS), serta menyusun tata letak grafis antarmuka dashboard Blynk. Desain fungsional ini dikonfigurasi secara presisi untuk mengawal pemenuhan baku mutu air bersih berdasarkan regulasi Permenkes RI No. 2 Tahun 2023 dengan parameter pH 6,5–8,5 dan TDS di bawah 300 mg/L. Implementasi konsep alat ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas operasional petugas PDAM dan memberikan jaminan keamanan kualitas air bagi masyarakat konsumen.

Kata kunci— ESP32, Internet of Things (IoT), Perancangan Sistem, pH, Total Dissolved Solids (TDS).

Abstract – The availability of clean water is a basic need for the community, but water quality monitoring at the distribution point of PDAM Tirta Makmur in Sukoharjo Regency is currently still facing efficiency constraints due to manual checking methods that take time and effort. The main problem lies in the limitations of remote monitoring to ensure that water quality parameters remain within safe thresholds. This research aims to design an Internet of Things (IoT)-based system as a modern solution to automatically monitor water quality. The research method used is prototyping which includes the stages of needs analysis, system design, prototyping, and evaluation. The system design stage successfully formulated an electronic circuit wiring scheme, mapped out the main hardware specifications (ESP32, pH sensor, and TDS sensor), and drafted a graphical layout of the Blynk dashboard interface. This functional design is precisely configured to oversee the fulfillment of clean water quality standards based on the regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia No. 2 of 2023 with pH parameters of 6.5–8.5 and TDS below 300 mg/L. The implementation of this tool concept is expected to increase the operational effectiveness of PDAM officers and provide a guarantee of water quality safety for the consumer community.

Keywords— ESP32, Internet of Things (IoT), System Design, pH, Total Dissolved Solids (TDS).

I. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Ketersediaan air minum yang memenuhi standar kesehatan memegang peranan mendasar dalam menjaga kualitas hidup masyarakat. Di Kabupaten Sukoharjo, Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Makmur memegang peranan penting sebagai penyedia layanan air bersih. Institusi ini bertanggung jawab memastikan distribusi air yang aman dan layak digunakan untuk kebutuhan sehari-hari, yang mana hal ini memiliki urgensi tinggi mengingat adanya temuan kasus perairan di wilayah Sukoharjo seperti sungai yang terdampak limbah industri yang mencatatkan Indeks Pencemaran (IP) menembus angka 10,11

atau berstatus cemar berat. Oleh karena itu, jaminan pasokan air baku yang aman hingga ke pelanggan menjadi sebuah keharusan. [1]

Dalam operasionalnya, pemantauan kualitas air menjadi aktivitas krusial yang harus dilakukan secara berkesinambungan. Parameter penentu kelayakan air, seperti tingkat kebasahan atau keasaman (pH) dan jumlah zat padat terlarut atau *Total Dissolved Solids* (TDS), harus senantiasa terjaga di dalam ambang batas aman. Namun, berdasarkan pengamatan di lapangan, proses pemantauan kualitas air terkadang masih menghadapi permasalahan teknis, terutama dengan efisiensi waktu dan keterbatasan jangkauan pemantauan. Metode pengecekan konvensional yang mengharuskan petugas mendatangi lokasi sumber atau bak

penampungan secara langsung dinilai kurang praktis karena menyita waktu dan tenaga. [2]

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, konsep *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi cerdas untuk memitigasi permasalahan operasional tersebut. Teknologi IoT memfasilitasi konvergensi *hardware* (sensor dan mikrokontroler) dengan konektivitas internet, sehingga transmisi data dapat dipantau dari mana saja melalui perangkat mobile. Pemanfaatan mikrokontroler ESP32 yang diintegrasikan dengan platform Blynk dinilai sangat aplikatif karena menekan biaya implementasi, sekaligus menawarkan performa transmisi data nirkabel yang andal dan efisien. [3]

Perancangan Alat Pemantau Kualitas Air Berdasarkan Tingkat pH dan TDS" sebagai bentuk kontribusi nyata dalam memberikan solusi instrumen pemantauan yang bekerja secara otomatis, modern, dan presisi bagi PDAM Tirta Makmur Kabupaten Sukoharjo. Meskipun sistem pemantauan berbasis sensor telah banyak dikembangkan pada penelitian terdahulu, namun untuk memastikan kelayakan operasional tersebut pada kondisi nyata, pemantauan kualitas air tetap membutuhkan landasan normatif yang diterapkan secara ketat. Berdasarkan pedoman Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) RI No. 2 Tahun 2023, dua parameter fisik dan kimia yang integral untuk dipantau adalah tingkat keasaman (pH) dengan standar baku mutu pada rentang 6,5–8,5, serta Total Dissolved Solids (TDS) dengan batas maksimal yaitu < 300 mg/L. Parameter-parameter ini harus selalu terpantau secara presisi dan berada dalam ambang batas aman guna mencegah timbulnya risiko kerugian kesehatan bagi masyarakat sebagai konsumen akhir. [4]

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini berfokus pada tahapan analisis dan perancangan sistem (*System Design*). Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah cetak biru (*blueprint*) desain alat pemantau kualitas air yang terintegrasi. Tahapan penelitian disusun sebagai berikut:

A. Identifikasi Masalah dan Studi Pustaka

Tahap awal dimulai dengan mengidentifikasi kendala operasional pada proses pemantauan kualitas air di PDAM Tirta Makmur yang saat ini masih bersifat manual dan konvensional. Studi pustaka dilakukan untuk menetapkan parameter acuan berdasarkan Permenkes RI No. 2 Tahun 2023, di mana sistem dirancang dengan ambang batas (threshold) pH pada rentang 6,5 – 8,5 dan kadar TDS maksimal 300 mg/L.

B. Analisis Kebutuhan Sistem

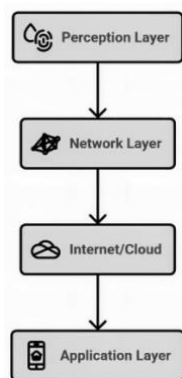
Pada tahap ini, dilakukan penentuan spesifikasi perangkat keras dan lunak yang diperlukan dalam rancangan untuk memastikan akurasi data. Komponen utama yang dianalisis meliputi:

1. Sensor pH dan TDS: Sebagai unit input utama untuk mendeteksi kualitas fisik air secara berkelanjutan.
2. ESP32: Dipilih sebagai unit mikrokontroler (brain) karena memiliki modul Wi-Fi terintegrasi yang memungkinkan transmisi data nirkabel secara efisien.
3. Platform Monitoring: Penggunaan aplikasi Blynk sebagai antarmuka pemantauan jarak jauh.

C. Perancangan Arsitektur Sistem

Tahap ini menghasilkan desain teknis yang mengintegrasikan seluruh komponen fisik ke dalam satu kesatuan sistem. Perancangan meliputi:

1. Arsitektur Perangkat Keras: Merancang hubungan antar pin analog sensor ke pin GPIO pada ESP32 dengan mempertimbangkan tata letak yang efektif untuk implementasi di titik distribusi air PDAM.
2. Arsitektur Komunikasi: Merancang alur data dari lapisan sensor (perception layer) menuju Blynk Cloud menggunakan protokol Wi-Fi dan pengaturan Virtual Pin untuk sinkronisasi data yang cepat.

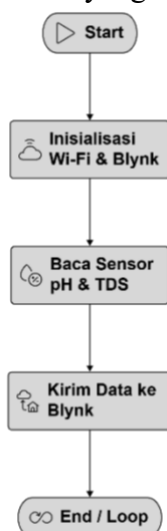


Gambar 1. Diagram Arsitektur IoT

D. Perancangan Alur Kerja Sistem

Penyusunan diagram alur (*flowchart*) dilakukan untuk memetakan logika pemrograman pada perangkat. Logika sistem dirancang untuk mencakup:

1. Proses inialisasi koneksi Wi-Fi secara otomatis saat perangkat dinyalakan.
2. Mekanisme pembacaan data sensor pH dan Total Dissolved Solids secara terus menerus serta pengolahan data mentah menjadi nilai parameter yang valid.
3. Logika pengambilan keputusan untuk mengirimkan notifikasi peringatan ke smartphone petugas apabila terdeteksi parameter air yang menyimpang dari standar kesehatan yang telah ditentukan.



Gambar 2. Diagram Alur Kerja Sistem

E. Perancangan Antarmuka Pengguna

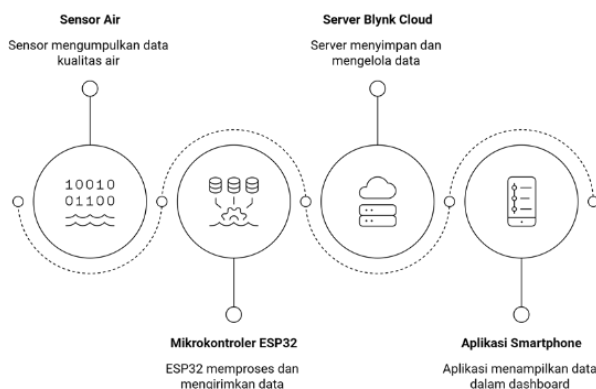
Desain antarmuka pada aplikasi Blynk dirancang untuk memudahkan petugas PDAM

dalam melakukan pengawasan. Rancangan ini mencakup fungsionalitas:

1. *Display Widget*: Menampilkan nilai parameter pH dan TDS.
2. *Gauge Widget*: Memberikan indikasi visual berupa warna atau jarum penunjuk untuk status "Aman" atau "Bahaya".

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memaparkan hasil perancangan sistem pemantau kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mengintegrasikan komponen mikrokontroler, sensor analog, dan *platform cloud*. Perancangan ini didasari oleh kebutuhan untuk mengatasi kendala pemantauan konvensional yang manual, yang selama ini memakan banyak waktu dan tenaga karena petugas harus mendatangi lokasi secara langsung [5]. Dengan solusi IoT, pengambilan data dilakukan secara otomatis dan berkelanjutan, memungkinkan pemantauan jarak jauh untuk memastikan kualitas air tetap terjaga sesuai standar regulasi pemerintah secara efisien dan modern [6].



Gambar 3. Arsitektur Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis IoT

A. Analisis Kebutuhan Sistem

Untuk memastikan prototipe alat pemantau kualitas air dapat berfungsi secara optimal, presisi, dan mampu mentransmisikan data secara *real-time*, dilakukan analisis terhadap kebutuhan fungsional perangkat. Spesifikasi teknis serta fungsi dari masing-masing komponen perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam penelitian ini dirangkum dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Tabel Kebutuhan Hardware

No	Perangkat Keras	Spesifikasi	Fungsi
1	Mikrokontroler	NodeMCU ESP32 (32-bit MCU, Wi-Fi 2.4 GHz terintegrasi)	Berfungsi sebagai unit pemroses data utama (<i>central processing unit</i>) yang mengolah sinyal dari sensor dan mengirimkannya ke cloud via Wi-Fi.
2	Sensor pH	Analog pH Meter Kit (PH-4502C, Rentang 0–14 pH)	Berfungsi untuk mendeteksi tingkat keasaman dan kebasaan sampel air PDAM secara langsung (<i>real-time</i>).
3	Sensor TDS	Gravity Analog TDS Sensor (Rentang 0–1000 ppm)	Berfungsi untuk mengukur konsentrasi padatan atau zat terlarut dalam air dalam satuan ppm (<i>Parts Per Million</i>).
4	Catu Daya	Adaptor AC-to-DC 5V / 2A	Berfungsi memberikan suplai daya listrik yang stabil dan aman untuk modul ESP32 dan seluruh rangkaian sensor.
5	Kabel Jumper & Board	Kabel Jumper (Male-Female) & PCB/Breadboard	Berfungsi sebagai media penghubung jalur kelistrikan antar kaki komponen sirkuit elektronik.

Uraian fungsionalitas dan analisis pemilihan perangkat keras pada Tabel 1 dijelaskan sebagai berikut:

1. Mikrokontroler ESP32: Komponen ini dipilih sebagai pusat kendali utama karena memiliki modul Wi-Fi internal yang mendukung konektivitas IoT secara langsung. Keunggulan teknis ESP32 terletak pada *Analog-to-Digital Converter* (ADC) dengan resolusi 12-bit yang mampu mengonversi tegangan analog sensor menjadi data digital secara jauh lebih presisi dibandingkan mikrokontroler generasi sebelumnya. Selain itu, arsitektur

dual-core pada prosesoranya sangat jika dianalisis dari segi fungsionalitas, sangat krusial untuk menjamin kestabilan sistem, di mana satu inti fokus melakukan pembacaan sensor (*looping continue*) dan inti lainnya menjaga kestabilan transmisi data ke jaringan internet. [7]

2. Sensor pH Air: Komponen ini mutlak dibutuhkan untuk mendeteksi fluktuasi derajat keasaman yang menjadi indikasi awal adanya pencemaran pada sumber air. Sensor bekerja memanfaatkan perbedaan potensial listrik pada elektroda ketika bersentuhan dengan air, di mana sinyal analog tegangan yang terbentuk kemudian dikonversi menjadi nilai pH dengan skala pengukuran antara 0 hingga 14. [8]
Dalam penelitian ini, sensor pH dimanfaatkan untuk memantau kestabilan parameter kualitas air dengan melakukan pembacaan derajat keasaman secara berkala. Data dari hasil pengukuran yang telah tervalidasi nantinya akan diakuisisi oleh mikrokontroler ESP32 untuk diproses dan ditransmisikan menuju antarmuka Blynk, mengingat fluktuasi kecil pada nilai pH dapat menjadi indikasi awal adanya kontaminasi pada sumber air. [9]
3. Sensor *Total Dissolved Solids* (TDS): Kebutuhan sensor TDS didasarkan pada pentingnya mengukur parameter kemurnian air berdasarkan kandungan partikel terlarut seperti mineral, garam, logam, atau senyawa anorganik lainnya. Instrumen ini bekerja dengan menganalisis tingkat konduktivitas listrik air, Semakin banyak zat padat yang terlarut dalam air maka semakin banyak pula ion-ion yang terbentuk sehingga daya hantar listrik air semakin tinggi. ESP32 bertugas membaca tingkat daya hantar listrik tersebut dan mengonversinya secara otomatis menjadi nilai TDS dalam satuan *parts per million* (ppm) atau miligram per liter (mg/L) untuk menilai tingkat kemurnian air sekaligus mengevaluasi kelayakan air untuk digunakan. [10]

4. **Adaptor, Kabel Jumper, dan Breadboard:** Ketiga komponen pendukung ini dianalisis sebagai kebutuhan dasar untuk membentuk purwarupa fisik. Adaptor memastikan ketersediaan daya 5V yang stabil agar sensor tidak mengalami galat (error) pembacaan akibat fluktuasi tegangan, sementara breadboard dan kabel jumper mempermudah konfigurasi serta modifikasi pin input/output (I/O) selama tahap pengujian alat.

Tabel 2. Tabel Kebutuhan Software

No	Perangkat Lunak	Lingkungan Pengembangan/ Versi	Fungsi
1	Arduino IDE	Software Desktop v2.x (Bahasa C/C++)	Berfungsi sebagai lingkungan pengembangan untuk menulis, melakukan <i>compile</i> dan <i>upload</i> kode program ke ESP32.
2	Platform IoT	Blynk IoT (Mobile & Web Dashboard)	Berfungsi sebagai broker dan antarmuka (<i>interface</i>) untuk menerima, menyimpan, serta memvisualisasikan grafik data pH dan TDS dari jarak jauh.

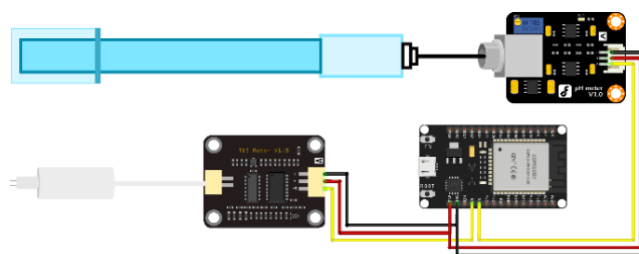
Uraian fungsionalitas dan analisis pemilihan perangkat lunak pada Tabel 2 dijelaskan sebagai berikut:

1. **Arduino IDE:** Perangkat lunak ini dipilih karena memiliki dukungan komunitas yang luas serta kompatibilitas penuh terhadap modul ESP32 melalui instalasi board manager. Perangkat lunak ini digunakan untuk menyusun algoritma kalibrasi sensor, normalisasi data, serta perintah logika *reconnect* otomatis jika koneksi jaringan terputus.
2. **Platform dan Aplikasi Blynk:** Pemilihan Blynk didasarkan pada efisiensi arsitekturnya yang terdiri dari aplikasi pengguna, server cloud, dan library bawaan yang saling terintegrasi secara instan. Blynk bertindak sebagai pusat monitoring jarak jauh menggunakan fitur *Virtual Pins* (V-Pins) untuk bertukar data logika tanpa

membebani pin fisik mikrokontroler. Data parameter air divisualisasikan melalui widget berupa Gauge untuk pembacaan angka real-time dan Super Chart untuk grafik riwayat fluktuasi air. Selain sebagai penampil data, sistem ini memanfaatkan fitur push notification otomatis untuk mengirimkan peringatan darurat ke smartphone petugas secara instan jika nilai pH atau TDS melampaui batas aman Permenkes RI.

B. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras difokuskan pada efisiensi penggunaan pin dan pemrosesan sinyal pada mikrokontroler ESP32.



Gambar 4. Diagram Perancangan Perangkat Keras

Berdasarkan arsitektur yang dirancang (Gambar 4), sistem mengintegrasikan dua sensor utama sebagai unit input:

1. **Sisi Input:** Terdiri dari sensor pH dan TDS yang memanfaatkan pin ADC (*Analog to Digital Converter*) ESP32
2. **Sisi Processing:** Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali untuk mengolah sinyal listrik dari sensor menjadi data numerik.

C. Analisis Logika Program dan Flowchart

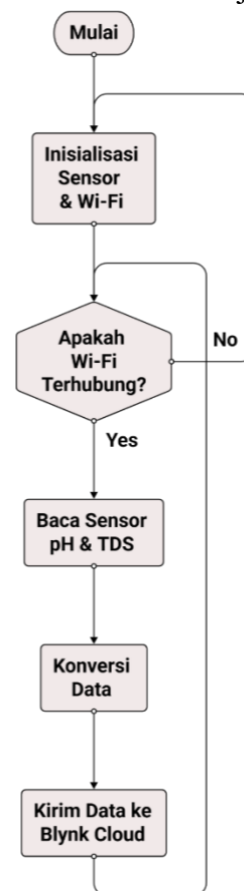
Rancangan logika pemrograman yang diimplementasikan pada sistem pemantauan kualitas air ini dirancang untuk memastikan perangkat dapat bekerja secara berkelanjutan dan mandiri (*looping continuous*). Alur logika jalannya program secara menyeluruh dikontrol oleh mikrokontroler dengan urutan proses berpikir sistem yang digambarkan pada flowchart di atas. Penjelasan rinci tentang fase retensi eksekusi logika adalah sebagai berikut:

1. **Tahap Inisialisasi Awal:** Proses dimulai saat perangkat keras mendapatkan catu

daya (Mulai). Program pertama kali akan mengeksekusi perintah inialisasi pin-pin interface sensor serta mengaktifkan modul internal *Wi-Fi* untuk mendeteksi kesiapan perangkat dalam berkomunikasi.

2. Tahap Verifikasi Jaringan (Mekanisme *Reconnect* Otomatis): Masuk pada blok pengambilan keputusan (*Decision Box*), mikrokontroler secara aktif memeriksa status konektivitas internet dengan mengajukan kondisi: "Apakah *Wi-Fi* Terhubung?". Tahapan ini krusial untuk menjamin stabilitas data, jika kondisi No (Terputus): Jika koneksi terganggu atau gagal terhubung, aliran program secara otomatis memutar balik (looping) ke tahap inialisasi awal untuk mencoba menyambungkan ulang jaringan internet tanpa menghentikan sistem secara paksa, dan jika kondisi Yes (Terhubung): Jika verifikasi status jaringan berhasil dikonfirmasi terhubung, barulah sistem diizinkan melangkah ke instruksi berikutnya.
3. Tahap Akuisisi dan Konversi Data Sensor: Setelah jaringan dipastikan stabil, mikrokontroler memerintahkan sensor pH dan TDS untuk melakukan pengumpulan data sampel air. Sinyal analog mentah yang diterima dari pembacaan sensor tersebut tidak langsung dikirim, melainkan masuk ke dalam proses perhitungan matematis pada blok Konversi Data. Di bagian ini, data mentah dinormalisasi serta dikalibrasi ke dalam nilai satuan standar baku mutu air, yaitu derajat keasaman (untuk parameter pH) dan *parts per million* / ppm (untuk parameter TDS).
4. Tahap Transmisi dan Siklus Berulang: Data hasil konversi yang telah tervalidasi akurat kemudian dikemas ke dalam protokol IoT untuk dikirimkan secara *real-time* menuju server *Blynk Cloud*. Setelah data berhasil terkirim, alur panah program diarahkan kembali menuju gerbang pengecekan status jaringan *Wi-Fi* untuk memulai siklus pembacaan berikutnya. Siklus pengulangan tertutup ini terus berjalan tanpa henti guna

menjamin ketersediaan data pemantauan kualitas air secara berkelanjutan.

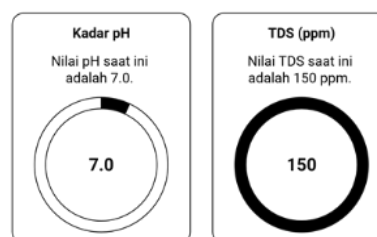


Gambar 5. Diagram Flowchart

sistem memulai proses dengan inialisasi koneksi internet. Jika koneksi berhasil, ESP32 akan membaca seluruh sensor secara bergantian, melakukan normalisasi data, dan mengirimkannya ke aplikasi Blynk. Rancangan logika ini juga mencakup mekanisme *reconnect* otomatis apabila terjadi gangguan jaringan *Wi-Fi*, guna menjamin ketersediaan data pemantauan.

D. Hasil Perancangan Antarmuka Monitoring

Hasil dari perancangan antarmuka pengguna pada aplikasi *smartphone* ditampilkan pada Gambar 6



Gambar 6. Perancangan Tampilan Dashboard

Antarmuka dirancang dengan mengedepankan aspek fungsionalitas bagi petugas PDAM:

1. *Widget Gauge* dan *Value*: Menampilkan kondisi kualitas air dalam angka yang presisi secara.
2. *SuperChart*: Memungkinkan pengguna memantau grafik tren kualitas air dalam beberapa jam atau hari terakhir guna analisis pola perubahan kualitas air secara historis.

E. Pembahasan Efektivitas Desain

Salah satu keunggulan hasil perancangan ini adalah sistem notifikasi otomatis. Mengacu pada standar Permenkes RI No. 2 Tahun 2023, logika ambang batas (*threshold*) ditanamkan pada program:

Jika pH terdeteksi di bawah 6,5 atau di atas 8,5, serta TDS melampaui 300 ppm, sistem akan mengirimkan peringatan ke smartphone petugas.

Secara teoritis, perancangan ini memberikan peningkatan efisiensi yang signifikan bagi PDAM Tirta Makmur. Metode ini mengeliminasi keterbatasan pemantauan jarak jauh pada sistem konvensional, mengurangi tenaga kerja manual dan meningkatkan keakuratan data dibandingkan dengan uji organoleptik subjektif pada manusia.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan sistem IoT untuk pemantauan kualitas air di PDAM Tirta Makmur Kabupaten Sukoharjo, dapat disimpulkan bahwa pemodelan arsitektur ini secara teoritis berhasil mengintegrasikan alur data mikrokontroler ESP32, dua sensor utama (pH dan TDS), serta platform Blynk sebagai media monitoring. Sistem yang dirancang ini diproyeksikan mampu mengatasi keterbatasan pemantauan manual dengan memberikan kemampuan pengawasan secara jarak jauh, sehingga petugas dapat merespon perubahan kualitas air dengan lebih cepat berdasarkan parameter standar Permenkes RI No. 2 Tahun 2023. Melalui rancangan fitur *dashboard* dan notifikasi otomatis, efisiensi operasional dalam menjaga mutu air dapat ditingkatkan secara signifikan tanpa harus mendatangi lokasi sumber secara terus-menerus. Adapun saran untuk pengembangan selanjutnya adalah

merealisasikan rancangan konsep ini ke dalam bentuk perangkat fisik (*prototype*) secara menyeluruh, melakukan pengujian kalibrasi sensor langsung di lokasi, penambahan fitur pengolahan data berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) untuk memprediksi tren kualitas air di masa mendatang, serta penambahan sensor kimia lainnya untuk memenuhi cakupan 19 parameter mutu air secara lebih lengkap.

REFERENSI

- [1] L. Galeh, I. Fatristya, W. Saimah, I. Hadi, and E. Aryanti, "Peran Air Bersih dan Sanitasi dalam Meningkatkan Kualitas Hidup: Tinjauan Literatur terhadap Pencapaian Tujuan SDGs 2030," vol. 6, no. 1, 2025, doi: <https://doi.org/10.29303/geoscienceed.v6i1.598>.
- [2] A. R. Istomi, "KAJIAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI MESUJI, KABUPATEN MESUJI," 2025, Available: <http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/91297>
- [3] D. Pakpahan, "Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Data Berbasis Internet of Things," vol. 1, no. 1, pp. 33–40, 2025, Available: <https://ejournal.itn.ac.id/jati/article/download/11058/6292>
- [4] I. Wijayanti, "Kajian penerapan water safety pada sumber mata air sendang sari di desa sendang adi, kecamatan mlati, kabupaten sleman," 2025, Available: <https://dspace.uin.ac.id/bitstream/handle/123456789/55028/20513246.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5] H. Muyasaroh *et al.*, "Sistem Pendeteksi Kualitas Air Berbasis IoT Pada Budidaya Tambak di Desa Karangrejo, Kabupaten Demak," no. 30602100017, 2025, doi: <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5910>
- [6] A. Ovid and E. Yandani, "Prototipe Sistem Pemantauan Tinggi Muka Air Berbasis Esp32 Untuk Sistem Pringatan Dini Banjir Melalui Telegram," vol. 5, no. 3, 2025, doi: <https://doi.org/10.58794/jekin.v5i3.1634>
- [7] U. S. et al. Andi Fatri, Muhammad Basri, "Pengembangan Evidence Monitoring Tingkat PH dan Kekeruhan Air Untuk Menentukan Kelayakan Konsumsi Air," vol. 13, no. 3, pp. 714–722, 2025, doi: <https://doi.org/10.36987/informatika.v12i3.7918>
- [8] V. A. Wibowo, "STUDI PENGEMBANGAN E-TONGUE BERBASIS LIMA SENSOR ELEKTROKIMIA UNTUK KLASIFIKASI AIR MINUM," 2025, Available: <http://etheses.uin-malang.ac.id/id/eprint/78497>
- [9] A. Nugraha, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KENDALI KADAR OKSIGEN DAN PH AIR TAMBAK UDANG VANAME DI BUMI DIPASENA MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC BERBASIS IoT," 2025, doi: <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3S1.7758>
- [10] S. N. Nugroho *et al.*, "RANCANG BANGUN SISTEM FILTRASI AIR LINDI MENJADI AIR SANITASI TERINTEGRASI PENDETEKSI KUALITAS pH, TOTAL DISSOLVED SOLIDS (TDS), TURBIDITAS, DAN TEMPERATUR," vol. 8, no. 5, pp. 1–26, 2025, doi: <https://doi.org/10.2238/2sftw360>