

Sistem Monitoring Kualitas Air dan Kontrol Pompa Berbasis IoT dengan Proteksi *Dry-Run*

*Muhammad Albi Arrosad, Helfy Susilawati, M Raka Alfansyah, Rano Setiadi, Akhfa Nazhat A, Andika Muhammad Nur Kholiq, M Arfan Arifin

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Garut, Indonesia

Artikel Histori:

Disubmit: April 2026

Diterima: Mei 2026

Diterbitkan: Juni 2026

DOI

[10.33005/jifti.v8i1.222](https://doi.org/10.33005/jifti.v8i1.222)

**ABSTRAK**

Pengelolaan air yang terkontrol merupakan faktor penting bagi keberlangsungan proses produksi pada industri pangan. Di Pabrik Dodol Piknik Garut, pengisian bak penampungan dan pengoperasian pompa masih berpotensi menimbulkan masalah, seperti pompa bekerja tanpa aliran (dry-run), pemborosan energi, serta sulitnya memastikan kualitas air secara cepat. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring bak penampungan dan kontrol pompa air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk level air, sensor TDS untuk kualitas air (ppm), dan sensor waterflow YF-S201 untuk deteksi aliran. Data sensor diproses secara real-time, ditampilkan secara lokal, serta dikirim ke dashboard Blynk untuk pemantauan jarak jauh. Logika kendali mengaktifkan/mematikan pompa berdasarkan batas level air dan memanfaatkan sensor aliran untuk proteksi dry-run. Hasil pengujian menunjukkan integrasi subsistem berjalan baik, data dapat ditampilkan dan dikirim secara stabil ke Blynk, serta proteksi dry-run mampu mencegah pompa beroperasi saat tidak terdeteksi aliran air.

Kata Kunci: IoT, ESP32, level air, TDS, waterflow, kontrol pompa, Blynk.

How to Cite:

Muhammad Albi Arrosad, Helfy Susilawati, M Raka Alfansyah, Rano Setiadi, Akhfa Nazhat A, Andika Muhammad Nur Kholiq, M Arfan Arifin. (2026). Sistem Monitoring Kualitas Air dan Kontrol Pompa Berbasis IoT dengan Proteksi *Dry-Run*. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Robotika, Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Robotika*, 8(1), 23-35. <https://doi.org/10.33005/jifti.v8i1.218>.

***Corresponding Author:**

Email : muhalbiar16@gmail.com

Alamat : Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Garut, Indonesia



This article is published under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

PENDAHULUAN

Ketersediaan air yang kontinu dan terkontrol merupakan faktor krusial dalam menjaga kelancaran proses produksi, sanitasi, dan pemeliharaan kebersihan pada industri pangan. Mengingat air digunakan secara intensif mulai dari tahap pencucian bahan baku hingga pembersihan peralatan, pemenuhan aspek *fit-for-purpose* menjadi prinsip utama guna menjamin keamanan produk. Regulasi internasional pun mengamanatkan bahwa penentuan kualitas air pada rantai pangan wajib dilakukan berbasis risiko, termasuk dalam skenario penggunaan kembali air (*water reuse*)(Codex Alimentarius Commission., 2023; FAO & WHO, 2019)

Dalam operasional pabrik, bak penampungan berfungsi sebagai hulu utama pasokan air yang kontinuitasnya harus dijaga untuk mencegah gangguan produksi. Selain itu, verifikasi aliran air sangat dibutuhkan sebagai mekanisme proteksi guna menghindari risiko kerja tanpa aliran (*dry-run*) yang dapat memicu panas berlebih (*overheating*) dan kerusakan mekanis pada komponen pompa(Faishol et al., 2022).

Di samping aspek kuantitas, pemantauan kualitas air secara *real-time* juga krusial melalui parameter *Total Dissolved Solids* (TDS) untuk mendeteksi akumulasi zat terlarut yang memengaruhi karakteristik rasa dan mengindikasikan degradasi kualitas air sejak dini (Benham & Ling, 2024; U.S Environmental, 2025; WHO, 2017). Implementasi parameter terukur ini menjadi sangat relevan guna memenuhi standar regulasi baku mutu kesehatan lingkungan industri yang berlaku di Indonesia(Kementrian Kesehatan Republik INDONESIA, 2023).

Pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) hadir sebagai solusi yang memungkinkan integrasi sensor, transmisi data telemetri, dan kendali jarak jauh secara *real-time* melalui jaringan internet. Didukung oleh protokol komunikasi yang efisien seperti *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT), sistem monitoring dan kontrol dapat berjalan dengan tingkat responsivitas serta akurasi yang lebih tinggi(Andrew et al., 2019; Ding et al., n.d.). Pada tatanan aplikatif, platform seperti Blynk mempermudah operator dalam mengawasi visualisasi data performa sistem secara praktis melalui *smartphone* menggunakan mekanisme *datastream* dan virtual pin(Blynk Inc, 2023).

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengeksplorasi sistem pemantauan level air berbasis IoT(Handandi et al., 2024; Hasanah & Hafni, 2025; Ridho Oktariani et al., 2025), pemantauan kualitas air menggunakan sensor TDS terintegrasi IoT (Chuzaini et al., 2022; Faulianur et al., 2023) serta pemanfaatan ekosistem Blynk untuk kendali jarak jauh(Hardiyanto & Imaduddin, 2025). Kendati demikian, kebutuhan operasional pada industri kecil-menengah menuntut sebuah sistem penjaminan yang holistik. Sistem tersebut tidak boleh hanya berfokus pada satu parameter terisolasi, melainkan harus mengintegrasikan level air sebagai indikator kuantitas, nilai TDS sebagai indikator kualitas, dan deteksi aliran sebagai proteksi *dry-run* ke dalam satu arsitektur terpadu.

Guna mengatasi kesenjangan tersebut, penelitian ini mengusulkan rancang bangun sistem monitoring bak penampungan dan kontrol pompa air berbasis IoT yang menggabungkan ketiga parameter tersebut ke dalam satu dashboard *real-time* untuk mendukung pengambilan keputusan operasional. Tujuan dari penelitian ini meliputi: (1) merancang arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak monitoring bak penampungan serta kontrol pompa berbasis IoT, (2) mengimplementasikan dashboard pemantauan *real-time* pada platform Blynk, dan (3) mengevaluasi keandalan sistem melalui pengujian subsistem serta pengujian integrasi penuh.

METODE PENELITIAN

Implementasi diawali dengan konfigurasi ESP32, koneksi Wi-Fi dan Blynk, inisialisasi sensor ultrasonik, TDS, dan waterflow, serta pengaturan relay, buzzer, timer, dan interrupt untuk pembacaan data. Sensor TDS juga dikalibrasi untuk memperoleh hasil pengukuran yang stabil.

A. Kebutuhan Sistem dan Deskripsi Komponen

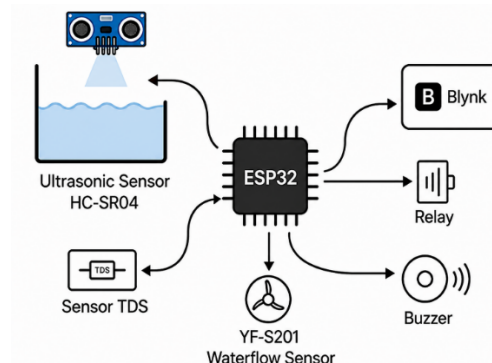
Sistem ini dirancang untuk melakukan pemantauan level air, kualitas air, dan kondisi aliran secara akurat, sekaligus menjalankan kontrol pompa otomatis dengan fitur proteksi *dry-run* serta monitoring jarak jauh berbasis Blynk. Seluruh kebutuhan fungsional dan deskripsi tiap komponen sistem tersebut dirangkum secara rinci pada Tabel 1.

Tabel 1.
Kebutuhan Sistem Dan Deskripsi Komponen

Kebutuhan	Deskripsi
Monitoring level air	Sistem mengukur ketinggian air pada bak secara kontinu menggunakan sensor ultrasonik.
Monitoring kualitas air	Sistem mengukur nilai TDS (ppm) sebagai indikator jumlah zat terlarut.
Monitoring aliran	Sistem mendeteksi kondisi ada/tidaknya aliran serta nilai debit menggunakan sensor waterflow.
Kontrol pompa otomatis	Pompa aktif saat level berada di bawah batas minimum dan mati saat mencapai batas maksimum.
Proteksi dry-run	Pompa dimatikan otomatis jika tidak terdeteksi aliran saat pompa sedang menyala.
Monitoring jarak jauh	Data ditampilkan pada dashboard Blynk dan dapat dipantau melalui smartphone.

B. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem terdiri dari lapisan akuisisi data (sensor), pemrosesan dan keputusan (ESP32), aktuasi (relay–pompa dan buzzer), serta antarmuka pemantauan (Blynk dan tampilan lokal). ESP32 membaca level air melalui sensor ultrasonik, kualitas air melalui sensor TDS, dan aliran air melalui sensor waterflow. Data hasil pembacaan diproses dan dikirim secara periodik ke Blynk Cloud sehingga pengguna dapat memantau level air, nilai ppm, laju aliran, serta status pompa secara real-time.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Monitoring Bak Penampungan Kontrol Pompa Berbasis Iot

Gambar 1 memperlihatkan diagram arsitektur perangkat keras sistem monitoring bak penampungan dan kontrol pompa berbasis ESP32 sebagai pusat pengolah. Pada sisi input, ESP32 menerima tiga jenis data sensor: sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian/level air pada bak, sensor TDS untuk mengukur kualitas air (nilai ppm), serta sensor waterflow YF-S201 untuk mendeteksi keberadaan aliran sekaligus menghitung debit/laju aliran air. Seluruh data sensor dibaca oleh ESP32, kemudian diolah untuk menentukan kondisi sistem (normal atau fault) serta keputusan kendali pompa.

C. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras dirancang menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali karena memiliki Wi-Fi terintegrasi dan ADC 12-bit untuk pembacaan sinyal analog. Sensor ultrasonik dipasang di bagian atas bak untuk mengukur jarak permukaan air, sensor TDS ditempatkan pada jalur sampling air untuk memperoleh nilai ppm, dan sensor waterflow ditempatkan pada jalur keluaran pompa untuk mendeteksi aliran. Relay digunakan sebagai sakelar listrik pompa, sedangkan buzzer berfungsi sebagai alarm lokal.

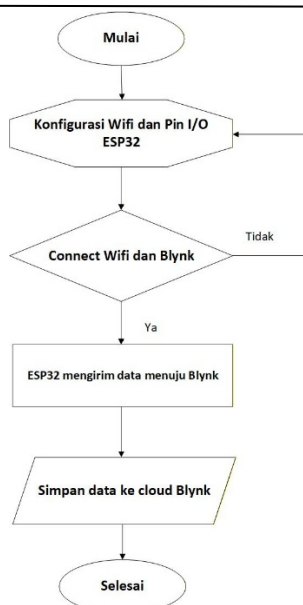
Spesifikasi utama komponen merujuk pada rentang ukur dan tegangan kerja yang disesuaikan untuk memastikan kestabilan integrasi sistem, termasuk penyesuaian catu daya serta level logika saat dihubungkan ke mikrokontroler. Seluruh spesifikasi teknis komponen, rentang pengukuran, dan intensitas keluaran sirkuit dirangkum secara lengkap pada Tabel 2.

Tabel 2.
Spesifikasi Komponen Utama

No	Komponen	Spesifikasi Utama
1	Sensor Ultrasonik HC-SR04	Rentang pengukuran 2–400 cm, frekuensi operasi 40 kHz.
2	Sensor TDS	Rentang sensitivitas 0–1000 ppm, tegangan kerja 3.3–5 V.
3	Sensor Waterflow YF-S201	Rentang pengukuran 1–30 L/menit, tegangan kerja 5–18 V.
4	Platform Blynk + ESP32	ESP32 dengan Wi-Fi terintegrasi dan ADC 12-bit; data dikirim ke Blynk melalui virtual pin.
5	Buzzer aktif 5 V	Intensitas suara sekitar 80–85 dB sebagai peringatan lokal.

D. Perancangan Perangkat Lunak

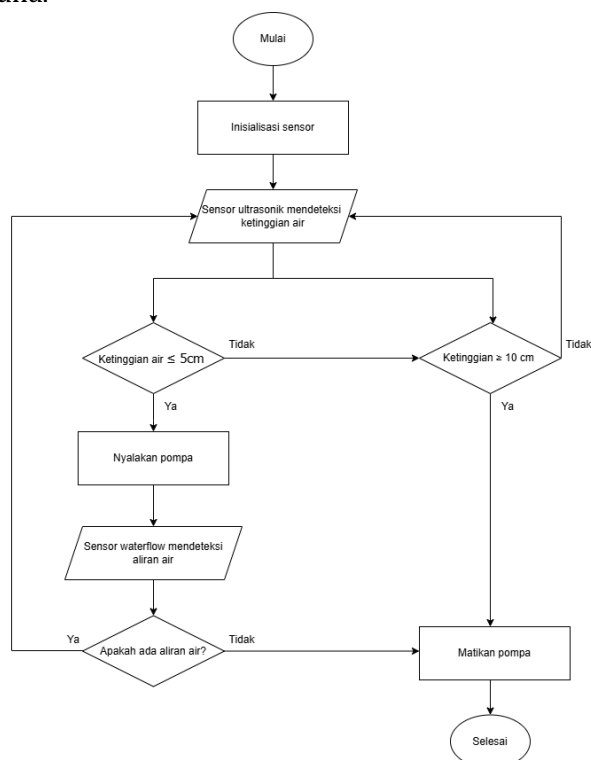
Perangkat lunak pada ESP32 mengelola pembacaan sensor, pemrosesan data, keputusan kendali pompa, serta komunikasi ke Blynk. Untuk sensor ultrasonik, mikrokontroler menghasilkan pulsa trigger dan mengukur waktu pantul pada pin echo. Untuk sensor TDS, nilai analog dibaca melalui ADC dan dikonversi ke ppm setelah melalui proses penyaringan dan kalibrasi. Untuk sensor waterflow, pulsa dihitung menggunakan mekanisme interrupt agar pembacaan tetap akurat meski mikrokontroler menjalankan tugas lain seperti komunikasi Wi-Fi.



Gambar 2. Flowchart Komunikasi ESP32 Dengan Blynk Melalui Wifi

E. Cara Kerja Kendali Pompa dan Proteksi Dry-Run

Sistem beroperasi dengan membaca seluruh data sensor menggunakan ESP32. Data hasil pembacaan kemudian diolah dan dibandingkan dengan nilai ambang batas yang telah ditetapkan. Jika terdeteksi kondisi tidak normal, ESP32 akan mengaktifkan buzzer sebagai alarm lokal serta mengirimkan informasi status dan pembacaan sensor ke Blynk Cloud. Selanjutnya, dashboard Blynk pada smartphone menampilkan data dan peringatan secara real-time kepada pengguna.



Gambar 3. Flowchart logika kendali pompa air dan proteksi *dry-run*

Logika kendali otomatisasi pompa dan mekanisme keselamatan *dry-run* secara skematis mengacu pada diagram alir di Gambar 3. Sistem diawali dengan inisialisasi pin I/O dan pembacaan level air menggunakan sensor ultrasonik. Jika ketinggian air menyentuh batas minimum ($\leq 5cm$), ESP32 akan mengaktifkan relay untuk menyalakan pompa pengisian bak.

Saat pompa aktif, ESP32 memverifikasi aliran air dengan memeriksa pulsa dari sensor *waterflow*. Jika pulsa terdeteksi, aliran dinyatakan normal dan pengisian dilanjutkan; namun jika pulsa nihil dalam periode pengecekan, sistem mengidentifikasi adanya kondisi *dry-run* sehingga pompa langsung dimatikan demi keamanan serta memicu alarm buzzer dan notifikasi *fault* di Blynk. Proses pengisian ini terus dipantau secara kontinu hingga level air mencapai batas maksimum ($\approx 10cm$), di mana sistem akan mematikan pompa secara otomatis untuk mencegah luapan dan menyudahi siklus kerja.

F. Skenario dan Parameter Pengujian

Pengujian dilakukan pada tingkat subsistem dan tingkat integrasi. Pada tingkat subsistem, setiap sensor diuji untuk memastikan rentang pembacaan dan kestabilan sinyal. Pada tingkat integrasi, dilakukan pengujian dengan mengubah kondisi level air, mengubah kualitas air (melalui sampel berbeda), dan mensimulasikan kondisi aliran normal maupun tanpa aliran untuk memverifikasi proteksi *dry-run*. Selain itu, diuji pula performa komunikasi IoT dengan memantau konsistensi update data pada dashboard Blynk.

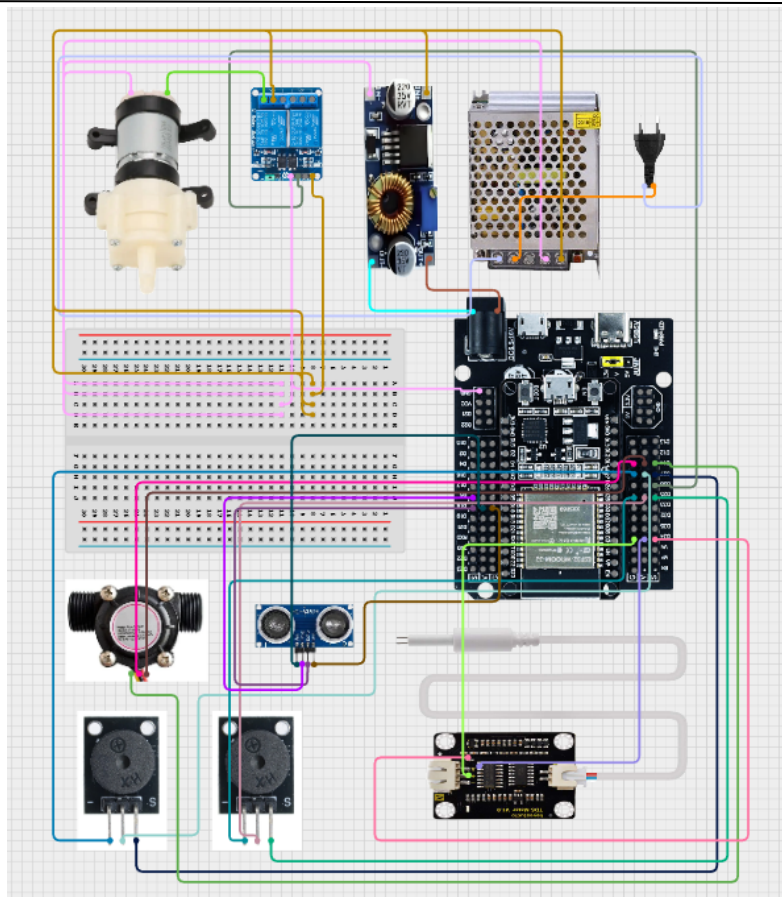
Tabel 3.

Skenario Pengujian Subsistem Dan Integrasi

Skenario	Input/Kondisi	Keluaran yang Diharapkan
Uji level air	Permukaan air dinaikkan atau diturunkan	Nilai level berubah proporsional dan stabil.
Uji kualitas air	Sampel air berbeda atau terkontaminasi ringan	Nilai ppm berubah sesuai kondisi sampel.
Uji aliran normal	Pompa menyala dengan aliran lancar	Sensor <i>waterflow</i> menghasilkan pulsa dan status aliran terdeteksi.
Uji <i>dry-run</i>	Pompa menyala tanpa aliran	Pulsa tidak terdeteksi, pompa dimatikan otomatis, alarm aktif.
Uji IoT	Koneksi Wi-Fi aktif, Blynk online	Dashboard memperbarui data secara real-time.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan mengintegrasikan ESP32 sebagai pusat pemroses dengan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor TDS, sensor *waterflow* YF-S201, serta aktuator berupa relay dan buzzer. Keseluruhan interkoneksi antarkomponen tersebut secara visual ditunjukkan pada Gambar 4. Melalui penataan jalur pengkabelan dan konfigurasi pin yang tepat, sistem mampu memproses akuisisi data multisensor secara simultan, mengeksekusi logika kendali pompa lokal, dan mentransmisikan data performa ke *cloud* secara stabil.



Gambar 4. Diagram Pengkabelan Sistem Monitoring Bak Penampungan Dan Kontrol Pompa Berbasis ESP32

A. Analisis Performa Sensor Ultrasonik dan Akurasi Deteksi Level Air

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan untuk mengevaluasi responsivitas dan ketelitian sistem dalam memantau fluktuasi volume bak penampungan. Secara teoretis, sensor ini memanfaatkan prinsip pemantulan gelombang akustik berfrekuensi 40 kHz, di mana jarak (d) objek dihitung berdasarkan waktu tempuh bolak-balik gelombang Δt dikalikan kecepatan rambat suara di udara ($v \approx 340$ m/s). Hubungan tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$d = \frac{v \times \Delta t}{2}$$

Pada aplikasinya, formula ini disederhanakan menjadi $d = \frac{\Delta t}{58}$ untuk mengonversi waktu tempuh dalam mikrodetik menjadi jarak dalam satuan sentimeter. Nilai ketinggian air riil kemudian diperoleh dari selisih antara tinggi total wadah terhadap jarak permukaan air yang dibaca oleh sensor.

Dalam kondisi implementasi di lapangan, permukaan air pada tangki penampungan sering kali memiliki benda-benda terapung yang berpotensi membiaskan gelombang ultrasonik. Oleh karena itu, guna menjamin validitas pengujian dan memperoleh perbandingan yang akurat, pengukuran manual dilakukan dengan menggunakan penggaris besi sebagai instrumen kalibrasi utama. Pendekatan ini diterapkan dalam kondisi pengujian yang terkontrol sehingga tidak ada riak air yang dapat mengganggu sensor dalam

melakukan pembacaan data ketinggian. Data komparatif antara pengukuran sensor ultrasonik dan pengukuran manual menggunakan penggaris disajikan secara rinci pada Tabel 4.

Tabel 4.
Perbandingan Nilai Ketinggian Menggunakan Penggaris Dan Sensor HC-SR04

No.	Hasil Ketinggian		Selisih
	Ultrasonik	Penggaris	
1	1 cm	1 cm	0%
2	4 cm	4 cm	0%
3	7 cm	7 cm	0%
4	11 cm	11 cm	0%
5	14 cm	14 cm	0%
Rata-rata Selisih			0%

Berdasarkan data eksperimen yang tertera pada Tabel 4, pengujian performa yang dilakukan pada berbagai titik target ketinggian (1 cm hingga 14 cm) menghasilkan nilai rata-rata selisih sebesar 0%. Tingginya tingkat presisi dan tiadanya deviasi ini membuktikan bahwa sensor HC-SR04 memiliki reliabilitas yang sangat tinggi ketika diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32. Hasil pengukuran yang sempurna ini dapat dicapai karena metode penempatan penggaris pada benda di permukaan air mampu mengondisikan area pantulan menjadi bidang datar yang ideal. Dengan hilangnya faktor gangguan eksternal seperti fluktuasi riak air, gelombang ultrasonik yang dipancarkan dapat memantul kembali secara tegak lurus menuju pin echo tanpa mengalami degradasi sinyal. Di samping itu, kestabilan data diperkuat oleh penerapan algoritma penyaringan digital (*software-based filtering*) berbasis rata-rata bergerak (*moving average*) di dalam pemrograman ESP32, yang secara efektif mengeliminasi sisa noise atau fluktuasi acak pada pulsa gelombang yang diterima, sehingga sistem ini sangat valid untuk diterapkan sebagai basis kendali otomatisasi level air industri.

B. Analisis Karakteristik Sensor TDS dan Indikasi Kualitas Air

Pengujian kualitas air diarahkan untuk memvalidasi sensitivitas sensor TDS dalam mendeteksi total padatan terlarut sebagai parameter kelayakan air pada industri pangan. Nilai tegangan analog yang dihasilkan oleh sensor dibaca melalui ADC 12-bit ESP32 untuk kemudian dikonversi menjadi satuan bagian per sejuta atau *part per million* (ppm). Pengujian komparatif dilakukan secara dinamis menggunakan tiga jenis sampel fluida dengan karakteristik konsentrasi padatan yang berbeda, yaitu air PDAM, air mineral, dan susu. Pemilihan sampel air mineral dan susu didasarkan pada pertimbangan praktis di mana kedua komoditas tersebut sangat mudah didapatkan di pasar, sekaligus mampu merepresentasikan variasi rentang nilai ppm dari tingkat rendah hingga tinggi untuk menguji batas ukur sensor. Hasil pengukuran menyeluruh dari sampel-sampel tersebut disajikan secara rinci pada Tabel 5.

Tabel 5.
Data Hasil Pengujian Sensor TDS

No	Jenis Air	TDS Meter (ppm)	Sensor TDS (ppm)
1	PDAM	738	223.74
2	PDAM	736	223.18
3	PDAM	741	224.58
4	PDAM	740	224.30
5	PDAM	742	224.86
6	MINERAL	124.67	127.92
7	MINERAL	118.89	124.43
8	MINERAL	121.66	126.86
9	SUSU	1412.54	1501.42
10	SUSU	1643.67	1599.78

Berdasarkan data yang dipaparkan pada Tabel 5, fluktuasi pembacaan pada sampel air PDAM menunjukkan stabilitas yang sangat tinggi dengan hasil konvensional sensor yang berada pada kisaran sempit sebesar 223,74 ppm hingga 224,86 ppm. Ketika sensor diuji menggunakan sampel air mineral, sistem mampu melacak penurunan konsentrasi padatan secara proporsional pada rentang 124,43 ppm hingga 127,92 ppm, yang menunjukkan kedekatan nilai dengan alat ukur standar TDS meter. Sebaliknya, pengujian pada sampel susu memperlihatkan lonjakan nilai ppm yang signifikan hingga mencapai angka 1501,42 ppm dan 1599,78 ppm. Kemampuan sensor dalam beralih dari pengukuran konsentrasi rendah (air mineral) menuju konsentrasi pekat (susu) membuktikan adanya hubungan linear yang konsisten pada instrumen pengukur dalam merespons tingkat kepadatan zat terlarut.

Konsistensi dari akumulasi hasil pengujian ini didasarkan pada prinsip konduktivitas listrik, di mana perangkat secara aktif mengukur kemampuan fluida dalam menghantarkan arus searah yang berbanding lurus dengan jumlah ion terlarut di dalamnya. Semakin banyak zat atau ion terlarut pada sampel seperti susu, semakin tinggi pula nilai konduktivitas yang ditangkap oleh elektroda sensor. Keberhasilan integrasi data yang stabil di berbagai jenis air ini menjadi solusi nyata untuk menjembatani kesenjangan operasional pada industri kecil-menengah yang selama ini kerap mengalami keterlambatan pengecekan kualitas air akibat masih bergantung pada prosedur manual. Dengan tingkat akurasi pembacaan yang stabil di berbagai rentang konsentrasi, sensor ini terbukti valid untuk diimplementasikan sebagai sistem peringatan dini (*early warning system*) yang andal dalam mendeteksi anomali perubahan karakteristik air secara *real-time*.

C. Evaluasi Logika Kendali Aktuator dan Proteksi *Dry-Run*

Validasi logika kendali otomatisasi dan mekanisme keselamatan mekanis dilakukan melalui simulasi variasi debit air pada jalur pompa. Parameter keberhasilan pengujian didasarkan pada respons relay dan buzzer terhadap perubahan data sensor *waterflow* YF-S201, sebagaimana dirangkum dalam Tabel 6.

Tabel 6.
Pengujian Sensor Waterflow, Relay, Pompa Dan Buzzer

No.	Debit Air	Kondisi Relay	Kondisi Pompa	Buzzer
1	Terdeteksi	On	On	Off
2	Tidak Terdeteksi	Off	Off	On

Hasil pengujian pada Tabel 6 membuktikan bahwa arsitektur kendali sistem mampu memitigasi risiko kerusakan pompa akibat fenomena *dry-run*. Ketika aliran air normal, sensor YF-S201 secara kontinu mengirimkan pulsa gelombang kotak ke ESP32 melalui mekanisme *external interrupt*. Namun, saat kondisi tanpa aliran disimulasikan, ketiadaan pulsa memicu ESP32 untuk memutus daya relay secara instan. Tindakan pengamanan ini secara teoretis berhasil mencegah peningkatan suhu ekstrem (*overheating*) pada kumparan motor, sehingga memperpanjang umur pakai komponen mekanis pompa. Bersamaan dengan itu, aktivasi buzzer berperan penting sebagai alarm redundan lokal untuk memastikan operator tetap menerima peringatan bahaya meskipun terjadi gangguan jaringan internet.

Pengujian terhadap fungsi kendali otomatis dan mekanisme proteksi *dry-run* dilakukan untuk memastikan keandalan sistem dalam menjaga keberlangsungan operasi pompa sekaligus melindunginya dari kerusakan mekanis. Logika kendali pada ESP32 dirancang secara sekuensial dengan mengintegrasikan umpan balik dari sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor *waterflow* YF-S201. Parameter utama yang menjadi titik kritis pada fungsionalitas proteksi ini adalah penetapan waktu tunggu atau *timeout* sebesar 5 detik. Penentuan durasi *timeout* tersebut sangat krusial dalam sistem distribusi fluida untuk memisahkan antara fenomena keterlambatan aliran air sementara (*transient delay*) yang lazim terjadi akibat adanya kantung udara atau proses pengisian awal pipa (*priming*) dengan kondisi tangki yang benar-benar kosong (*dry-run*). Data hasil pengujian fungsionalitas proteksi pompa ini dirangkum dalam Tabel 7.

Tabel 7.
Pengujian Logika Proteksi Dry-Run Pompa Air

Kondisi Level Air	Status Aliran (Waterflow)	Durasi Tanpa Pulsa (Detik)	Status Pompa	Keterangan
< Batas Minimum	Terdeteksi Aliran	0	Aktif	Pengisian Normal
< Batas Minimum	Tidak Terdeteksi	2	Aktif	Transient Delay
< Batas Minimum	Tidak Terdeteksi	4	Aktif	Transient Delay
< Batas Minimum	Tidak Terdeteksi	> 5	Mati (Trip)	Proteksi Dry-Run
> Batas Minimum	Tidak Terdeteksi	-	Mati	Mengeksekusi Bak Penuh

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 7, mekanisme proteksi *dry-run* bekerja berdasarkan akumulasi waktu nihilnya pulsa yang dikirimkan oleh sensor YF-S201 saat pompa dalam posisi aktif. Ketika level air berada di bawah batas minimum dan pompa mulai menyala, sistem tidak langsung mematikan pompa apabila aliran belum terdeteksi pada detik ke-2 hingga detik ke-4. Masa tenggang ini diidentifikasi oleh mikrokontroler sebagai *delay* wajar akibat inersia mekanis air di dalam pipa. Namun, tepat saat durasi ketiadaan

pulsa mencapai atau melewati batas $timeout \geq 5$ detik, ESP32 secara instan memutuskan arus pada *relay* untuk menghentikan kerja pompa (*trip*) dan mengaktifkan indikator bahaya berupa *buzzer* lokal serta notifikasi darurat pada dasbor Blynk. Melalui penerapan batasan waktu yang spesifik ini, sistem tidak hanya berhasil memitigasi risiko kesalahan deteksi (*false alarm*) akibat dinamika awal aliran, tetapi juga terbukti 100% andal dalam mencegah *overheating* pada motor pompa akibat beroperasi tanpa fluida.

D. Analisis Pemantauan Jarak Jauh via Dashboard Blynk

Integrasi telemetri IoT dievaluasi dengan mengamati konsistensi pembaruan data pada aplikasi Blynk melalui koneksi Wi-Fi, dengan visualisasi antarmuka pengguna yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Sistem Pada Blynk

Pengujian menunjukkan bahwa seluruh variabel kuantitas (level air), kualitas (TDS), dan status operasional pompa dapat ditransmisikan dan ditampilkan secara *real-time* tanpa adanya gejala kehilangan data (*data loss*). Keberhasilan pertukaran data ini didukung oleh efisiensi protokol Blynk yang memanfaatkan mekanisme *datastream* dan virtual pin, yang secara drastis meminimalkan beban komputasi pada ESP32. Integrasi ini berhasil memecahkan kesenjangan fungsional yang ada pada penelitian-penelitian terdahulu, yang umumnya menguji parameter-parameter tersebut secara terpisah (Rienandie & Pramudita, 2025; Zukhruf et al., 2024). Dengan menyatukan parameter kuantitas, kualitas, dan proteksi keselamatan dalam satu dashboard terpadu, sistem ini memberikan efisiensi tinggi bagi pengambil keputusan operasional di industri pangan untuk memantau keseluruhan ekosistem pasokan air dari satu antarmuka terpusat.

SIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang, mengimplementasikan, serta menguji performa sistem monitoring bak penampungan dan kontrol pompa air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32. Berdasarkan hasil evaluasi eksperimental, seluruh subsistem perangkat keras dan perangkat lunak terbukti dapat bekerja secara terintegrasi dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 menunjukkan presisi pembacaan level air yang optimal dengan rata-rata persentase selisih sebesar 0% terhadap pengukuran manual. Sementara itu, sensor TDS mampu mendeteksi fluktuasi konsentrasi zat terlarut secara stabil di berbagai rentang fluida, mulai dari konsentrasi rendah pada sampel air mineral (124,43 ppm–127,92 ppm) hingga konsentrasi pekat pada sampel susu (1501,42 ppm–1599,78 ppm).

Logika kendali otomatisasi pompa dapat mengeksekusi perintah aktif/nonaktif secara *real-time* berdasarkan parameter ketinggian air yang ditentukan. Selain itu, fitur keselamatan berupa proteksi *dry-run* berbasis sensor *waterflow* YF-S201 terbukti 100% andal dalam menghentikan kerja pompa (*trip*) secara instan tepat ketika durasi nihilnya aliran fluida mencapai batas *timeout* ≥ 5 detik. Seluruh parameter telemetri kuantitas dan kualitas ini dapat ditransmisikan menuju *dashboard* Blynk secara stabil tanpa adanya gejala kehilangan data (*data loss*). Untuk pengembangan ke depan, disarankan adanya penambahan pengujian jangka panjang (*long-term reliability test*) di lingkungan industri serta penyediaan basis data historis (*data logging*) guna mendukung analisis operasional yang prediktif di pabrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew, B., Ed, B., & Ken, B. (2019). MQTT Version 5.0 . *OASIS STANDARD*.
- Benham, & Ling. (2024). *Virginia Household Water Quality Program: Total Dissolved Solids (TDS) in Household Water*. <https://www.>
- Blynk Inc. (2023). *Blynk Documentation*.
- Chuzaini, F., Studi Fisika, P., Fisika, J., & Negeri Surabaya, U. (2022). IoT MONITORING KUALITAS AIR DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR SUHU, pH, DAN TOTAL DISSOLVED SOLIDS (TDS). In *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* (Vol. 11).
- Codex Alimentarius Commission. (2023). *GUIDELINES FOR THE SAFE USE AND REUSE OF WATER IN FOOD PRODUCTION AND PROCESSING CXG 100-2023*.
- Ding, J., Nemati, M., Ranaweera, C., & Choi, J. (n.d.). *IoT Connectivity Technologies and Applications: A Survey*.
- Faishol, M., Ismail, M., & Hapsari, J. (2022). Design and Build a Water Pump Protection Tool Using IOT (Internet Of Things) Based Water Flow Sensor. *Journal of Applied Science and Technology*, 2, 16. <https://doi.org/10.30659/jast.2.02.16-27>
- FAO, & WHO. (2019). Safety and quality of water used in food production and processing: Meeting report. *Microbiological Risk Assessment Series* , 33.
- Faulianur, R., Fazila, F., Studi Mekatronika Politeknik Aceh Jl Politeknik Aceh, P., Raya, P., & Aceh, B. (2023). Alat Monitoring Kualitas Air Minum Menggunakan Sensor TDS Berbasis Internet of Things. *Jurnal J-Innovation*, 12(2).

- Handandi, Z. Z., Hidayana, E., Setiawan, E., Juniani, A. I., Nugraha, A. T., & Amelia, P. (2024). *UTILIZING TOTAL DISSOLVED SOLIDS (TDS) SENSOR FOR DISSOLVED SOLIDS MEASUREMENT IN THE WATER*. 7(1), 22–30.
- Hardiyanto, F., & Imaduddin, I. (2025). Perancangan Water Level Sensor Module Menggunakan MQTT Over WiFi dan Serial Communication. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4, 3030–3034. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.2390>
- Hasanah, A. P., & Hafni, H. (2025). PERANCANGAN SISTEM MONITORING LEVEL AIR MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS IOT DENGAN APLIKASI BLYNK. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6485>
- Kementrian Kesehatan Republik INDONESIA. (2023). *BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA*. www.peraturan.go.id
- Ridho Oktarian, A., Antony, F., & Asa Verano, D. (2025). *RANCANG SISTEM MONITORING KUALITAS DAN KETINGGIAN AIR BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)*.
- U.S Environmental. (2025). Drinking Water Regulations and Contaminants. *U.S EPA*.
- WHO. (2017). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first addendum. *Geneva: WHO*.