

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM SMART WATER TANK MONITORING UNTUK OPTIMASI PENGELOLAAN AIR DI KAMPUS

SKRIPSI



**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan**

Oleh:

Adam Hendrawan

(22320001)

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU
PENGETAHUAN ALAM
IKIP PGRI BOJONEGORO
TAHUN 2026**

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul Desain dan Implementasi Sistem Smart Water Tank Monitoring untuk Optimasi Pengelolaan Air di Kampus disusun oleh:

Nama : Adam Hendrawan

NIM : 22320001

Program Studi : Pendidikan Teknologi Informasi

untuk disetujui oleh dosen pembimbing skripsi dan diajukan ke tahap sidang skripsi.

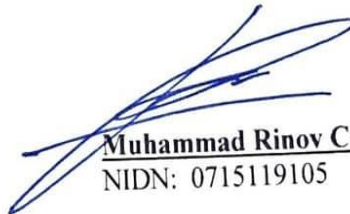
Bojonegoro, 30 Juni 2026

Pembimbing I

Pembimbing II,



Boedy Irhadtanto, S.T., M.Pd.
NIDN: 0705077303



Muhammad Rinov Cuhazriansyah, S
NIDN: 0715119105

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan Judul Desain dan Implementasi Smart Water Tank Monitoring untuk Optimasi Pengelolaan Air di Kampus disusun oleh:

Nama : Adam Hendrawan

NIM : 22320001

Program Studi : Pendidikan Teknologi Informasi

Telah dipertahankan dalam sidang skripsi pada Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IKIP PGRI Bojonegoro pada Hari Senin, Tanggal 20 Juli 2026

Bojonegoro, 22 Juli 2026

Ketua,



Dr. Puput Suriyah, S.Pd., M.Pd.

NIDN: 0725079001

Sekretaris,



Day Ramadhani Amir, S.Tr.I.Kom., M.Pd.

NIDN: 0703039403

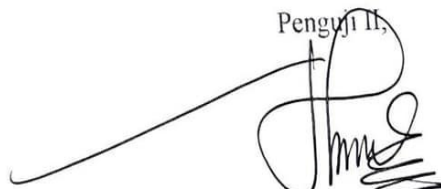
Penguji I,



Day Ramadhani Amir, S.Tr.I.Kom., M.Pd.

NIDN : 0703039403

Penguji II,



Dr. Ahmad Kholiqul Amin, M.Pd.

NIDN : 0727088801

Rektor

Dr. Dra. Junarti, M.Pd.

NIDN: 0014016501

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adam Hendrawan
NIM : 22320001
Program Studi : Pendidikan Teknologi Informasi
Fakultas : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Demi menjunjung tinggi integritas akademik, dengan tulus dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun, saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

Desain dan Implementasi Sistem Smart Water Tank Monitoring untuk Optimasi Pengelolaan Air di Kampus

merupakan hasil karya asli saya sendiri dan semua sumber informasi yang digunakan telah saya cantumkan dengan jelas dalam daftar referensi berdasarkan kode etik ilmiah. Saya menyadari bahwa apabila ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan terkait dengan keaslian karya ini, saya secara pribadi bersedia menerima konsekuensi sesuai dengan peraturan yang berlaku dan siap menanggung sanksi hukum.

Bojonegoro, 10 Juli 2026



Adam Hendrawan
22320001

MOTTO

“ 求知不止， 追梦不停 ”
“ *Qiú zhī bù zhǐ, zhuī mèng bù tíng.* ”

"Tak berhenti mencari ilmu, tak berhenti mengejar impian."

PERSEMBAHAN

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Dengan penuh rasa syukur, karya sederhana ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT, atas segala rahmat, nikmat, kesehatan, kekuatan, serta kemudahan yang senantiasa diberikan dalam setiap langkah kehidupan dan proses penyusunan skripsi ini
2. Kedua orang tua tercinta, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, pengorbanan, dan motivasi tanpa henti hingga saya mampu menyelesaikan pendidikan ini.
3. Saudara-saudara tercinta, yang senantiasa memberikan doa, semangat, perhatian, dan dukungan selama saya menempuh pendidikan hingga menyelesaikan skripsi ini.
4. Dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu, kritik, dan saran yang membangun sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Seluruh dosen Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi IKIP PGRI Bojonegoro, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan inspirasi selama masa perkuliahan.
6. Validator, pihak PDAM, serta pengurus Sarana dan Prasarana IKIP PGRI Bojonegoro, yang telah meluangkan waktu serta memberikan bantuan dalam proses penelitian ini.
7. Teman-teman seperjuangan, yang telah memberikan semangat, kebersamaan, serta dukungan selama menjalani proses perkuliahan dan penyusunan skripsi.
8. Almamater tercinta IKIP PGRI Bojonegoro, yang telah menjadi tempat saya belajar, bertumbuh, dan mengembangkan diri hingga berhasil menyelesaikan pendidikan ini.
9. Untuk seseorang yang selalu mengingatkan bahwa setiap perjuangan akan menemukan akhirnya. Terima kasih telah menjadi penyemangat dalam proses ini.

ABSTRAK

Pemantauan ketinggian air tandon di IKIP PGRI Bojonegoro masih dilakukan secara manual sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama, berpotensi menyebabkan keterlambatan pengisian, pemborosan air, serta tidak tersedianya data historis sebagai bahan evaluasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Sistem *Smart Water Tank Monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT), mengetahui tingkat kelayakan sistem berdasarkan penilaian ahli, serta mengetahui tingkat kepraktisan sistem berdasarkan respon pengguna. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap *Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik, *dashboard* web, dan basis data MySQL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memantau ketinggian air secara *real-time*, menampilkan informasi melalui *dashboard* web, serta menyimpan data historis. Hasil validasi ahli memperoleh persentase sebesar 84% dengan kategori sangat layak, sedangkan hasil respon pengguna memperoleh persentase sebesar 90,7% dengan kategori sangat praktis. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan layak dan praktis digunakan untuk mendukung optimasi pengelolaan air di lingkungan IKIP PGRI Bojonegoro.

Kata kunci: *Internet of Things (IoT), Smart Water Tank Monitoring, ESP32, monitoring air, ADDIE.*

ABSTRACT

Water tank level monitoring at IKIP PGRI Bojonegoro is still performed manually, requiring considerable time and potentially causing delays in water refilling, water wastage, and the absence of historical data for evaluation purposes. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based Smart Water Tank Monitoring System, determine the feasibility of the system based on expert validation, and evaluate its practicality based on user responses. This research employed the Research and Development (R&D) method using the ADDIE development model, which consists of the Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation stages. The system was developed using an ESP32 microcontroller, ultrasonic sensors, a web-based dashboard, and a MySQL database. The results indicate that the system is capable of monitoring water levels in real time, displaying information through a web dashboard, and storing historical data. The expert validation results achieved a score of 84%, categorized as highly feasible, while the user response evaluation obtained a score of 90.7%, categorized as highly practical. Therefore, the developed system is considered feasible and practical for supporting the optimization of water management at IKIP PGRI Bojonegoro.

Keywords: *Internet of Things (IoT), Smart Water Tank Monitoring, ESP32, Water Level Monitoring, ADDIE.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt atas izin dan limpahan rahmat serta kasih sayang-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Desain dan Implementasi Sistem *Smart Water Tank Monitoring* untuk Optimasi Pengelolaan Air di Kampus”.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya pengelolaan ketersediaan air yang efektif dan berkelanjutan di lingkungan kampus. Air merupakan sumber daya vital yang menunjang berbagai aktivitas akademik dan operasional kampus. Namun, proses pemantauan ketinggian air tandon di lingkungan Kampus IKIP PGRI Bojonegoro masih dilakukan secara manual, sehingga berpotensi menimbulkan keterlambatan informasi, ketidaktepatan pengambilan keputusan, serta kurang tersedianya data historis yang dapat digunakan untuk evaluasi pengelolaan air.

Seiring dengan perkembangan teknologi digital, khususnya *Internet of Things* (IoT), pemanfaatan sistem *monitoring* berbasis sensor dan jaringan internet menjadi solusi yang relevan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi pemantauan ketinggian air. Melalui penerapan sistem *monitoring* ketinggian air tandon berbasis IoT, data kondisi tandon dapat dipantau secara *real-time* melalui media web, sehingga memudahkan pengelola dalam mengetahui kondisi ketersediaan air serta mengambil tindakan yang diperlukan secara cepat dan tepat.

Di IKIP PGRI Bojonegoro, saat ini belum tersedia sistem *monitoring* ketinggian air tandon yang terintegrasi dan dapat diakses secara *real-time*. Selain itu, penggunaan indikator visual di lapangan sebagai penanda kondisi air juga masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *monitoring* ketinggian air tandon berbasis IoT yang dilengkapi dengan *dashboard* web dan indikator status, sehingga dapat mendukung pengelolaan air kampus secara

lebih efektif, efisien, dan terstruktur.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan penelitian ini di masa mendatang. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi institusi, khususnya IKIP PGRI Bojonegoro, serta dapat dijadikan sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things*.

Bojonegoro, 05 Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO.....	v
PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	14
A. Latar Belakang.....	14
B. Rumusan Masalah.....	25
C. Tujuan Penelitian	25
D. Manfaat Penelitian.....	26
E. Definisi Operasional	29
F. Spesifikasi Produk.....	32
G. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan	37
BAB II KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA TEORETIS, DAN KERANGKA BERPIKIR.....	41
A. Kajian Pustaka	41
B. Kerangka Teoretis.....	53
C. Kerangka Berpikir.....	73
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	77
A. Pendekatan Penelitian.....	77
B. Data, Sumber Data, dan Subjek Penelitian	82
C. Desain dan Model Pengembangan.....	88
D. Prosedur Pengembangan (Tahapan dan Analisis Pengembangan)	91
E. Desain Produk dan Uji Coba (<i>Mockup</i> dan Pengujian)	109
F. Instrumen Pengumpulan Data	118
BAB IV	139
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	139
A. HASIL	139
1. Hasil Pengembangan Sistem.....	140
2. Hasil Pengujian Sistem	159

3. Hasil Kualitas Sistem/Kepuasan Pengguna	162
B. PEMBAHASAN	164
BAB V	176
PENUTUP	176
A. KESIMPULAN	176
B. SARAN	178
Daftar Pustaka	179

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ketersediaan air bersih menjadi salah satu faktor utama yang menunjang berbagai aktivitas manusia dalam kehidupan sehari-hari. Seluruh aktivitas masyarakat, baik pada sektor rumah tangga, pendidikan, kesehatan, pemerintahan, maupun industri, tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan akan ketersediaan air yang memadai. Air digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan pokok seperti konsumsi, sanitasi, kebersihan lingkungan, kegiatan operasional, hingga mendukung berbagai aktivitas produktif. Oleh karena itu, ketersediaan air yang cukup baik dari segi kuantitas maupun kualitas menjadi salah satu faktor penting dalam menunjang kualitas hidup masyarakat serta keberlangsungan suatu institusi.

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, perkembangan pembangunan, serta bertambahnya aktivitas manusia, kebutuhan terhadap air bersih juga mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Peningkatan kebutuhan tersebut harus diimbangi dengan pengelolaan sumber daya air yang baik agar mampu memenuhi kebutuhan masyarakat secara berkelanjutan. Pengelolaan air tidak hanya berkaitan dengan penyediaan pasokan, tetapi juga mencakup proses penyimpanan, distribusi, pemanfaatan, pemantauan, serta evaluasi penggunaan air. Apabila salah satu proses tersebut tidak dikelola secara optimal, maka dapat menimbulkan berbagai permasalahan seperti pemborosan air, keterlambatan distribusi, hingga terganggunya aktivitas pengguna.

Dalam beberapa tahun terakhir, isu mengenai pengelolaan sumber daya air menjadi perhatian berbagai negara di dunia. Ketersediaan air bersih semakin menghadapi tantangan akibat meningkatnya konsumsi air, perubahan pola penggunaan lahan, pertumbuhan kawasan perkotaan, serta perubahan iklim yang memengaruhi ketersediaan sumber daya

air. Kondisi tersebut mendorong berbagai pihak untuk menerapkan sistem pengelolaan air yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan. Pengelolaan yang baik diharapkan tidak hanya mampu menjaga kontinuitas pasokan air, tetapi juga dapat mengurangi pemborosan serta meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya yang tersedia.

Pentingnya pengelolaan air juga tercermin dalam agenda pembangunan berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya tujuan keenam (*Clean Water and Sanitation*), yang menekankan pentingnya menjamin ketersediaan serta pengelolaan air bersih yang berkelanjutan bagi seluruh masyarakat. Pencapaian tujuan tersebut memerlukan keterlibatan berbagai pihak, termasuk institusi pendidikan sebagai salah satu pengguna air dalam jumlah yang cukup besar. Perguruan tinggi memiliki tanggung jawab tidak hanya sebagai lembaga pendidikan dan penelitian, tetapi juga sebagai institusi yang mampu menjadi contoh dalam penerapan pengelolaan sumber daya yang efisien dan berkelanjutan.

Lingkungan perguruan tinggi merupakan salah satu kawasan yang memiliki tingkat konsumsi air relatif tinggi karena digunakan untuk menunjang berbagai aktivitas akademik maupun nonakademik. Air dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan sanitasi, kegiatan praktikum laboratorium, operasional kantin, tempat ibadah, penyiraman taman, serta berbagai fasilitas umum lainnya. Aktivitas tersebut berlangsung setiap hari dengan melibatkan dosen, tenaga kependidikan, mahasiswa, maupun masyarakat yang berada di lingkungan kampus. Oleh sebab itu, ketersediaan air menjadi salah satu faktor yang sangat menentukan kelancaran penyelenggaraan seluruh kegiatan di lingkungan perguruan tinggi.

Dalam upaya menjaga kontinuitas penyediaan air, sebagian besar perguruan tinggi memanfaatkan tandon air sebagai media penyimpanan sementara sebelum air didistribusikan ke berbagai fasilitas. Penggunaan tandon bertujuan untuk menjaga kestabilan pasokan air ketika terjadi gangguan distribusi dari sumber utama maupun ketika

kebutuhan air meningkat pada waktu tertentu. Dengan adanya tandon, distribusi air menjadi lebih stabil sehingga pelayanan terhadap pengguna dapat tetap berlangsung secara optimal. Namun demikian, efektivitas penggunaan tandon sangat dipengaruhi oleh proses pemantauan kondisi air yang dilakukan secara berkala agar volume air selalu berada pada kondisi yang aman.

Pengelolaan tandon air yang kurang optimal dapat menimbulkan berbagai dampak, seperti keterlambatan pengisian ketika volume air mulai berkurang maupun meluapnya air ketika kapasitas penyimpanan telah melebihi batas maksimum. Kondisi tersebut bukan hanya menyebabkan pemborosan air, tetapi juga meningkatkan biaya operasional serta menurunkan efektivitas pengelolaan fasilitas. Selain itu, apabila pasokan air mengalami gangguan dalam waktu tertentu, berbagai aktivitas di lingkungan kampus dapat ikut terganggu sehingga berdampak terhadap kualitas pelayanan yang diberikan kepada seluruh sivitas akademika.

Berdasarkan kondisi tersebut, pengelolaan air tidak lagi hanya berorientasi pada penyediaan sumber air semata, melainkan juga memerlukan suatu sistem yang mampu membantu proses pemantauan secara berkelanjutan. Sistem pemantauan yang baik diharapkan mampu menyediakan informasi mengenai kondisi ketersediaan air secara cepat, akurat, dan mudah diakses sehingga pihak pengelola dapat mengambil tindakan yang tepat sebelum terjadi permasalahan yang lebih besar. Kebutuhan terhadap sistem pemantauan yang lebih efektif inilah yang kemudian mendorong berkembangnya berbagai inovasi teknologi dalam bidang pengelolaan sumber daya air.

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mengubah cara berbagai institusi dalam mengelola sumber daya yang dimiliki. Kemajuan teknologi tidak lagi hanya dimanfaatkan sebagai sarana komunikasi, tetapi juga telah menjadi bagian penting dalam mendukung proses pengambilan keputusan, peningkatan efisiensi operasional, serta

penyediaan layanan yang lebih cepat dan akurat. Berbagai aktivitas yang sebelumnya dilakukan secara konvensional kini mulai beralih menuju sistem digital yang mampu mengintegrasikan data, perangkat, serta pengguna dalam satu kesatuan sistem yang saling terhubung. Transformasi tersebut menjadi salah satu faktor utama dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan berbagai fasilitas, termasuk pengelolaan sumber daya air.

Era Revolusi Industri 4.0 menjadi tonggak penting dalam perkembangan teknologi digital. Revolusi Industri 4.0 ditandai dengan integrasi antara teknologi informasi, sistem otomasi, kecerdasan buatan, komputasi awan, analisis data, dan komunikasi digital yang memungkinkan berbagai proses dilakukan secara lebih cepat, akurat, dan efisien. Pemanfaatan teknologi tersebut memberikan peluang bagi berbagai sektor untuk meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap proses manual yang cenderung membutuhkan waktu lebih lama dan memiliki tingkat kesalahan yang lebih tinggi. Perubahan tersebut juga mendorong institusi pendidikan untuk mulai mengadopsi berbagai teknologi digital sebagai bagian dari upaya meningkatkan kualitas pelayanan kepada seluruh pengguna. Perkembangan Revolusi Industri 4.0 kemudian diikuti dengan munculnya konsep Society 5.0 yang menekankan pemanfaatan teknologi sebagai solusi dalam menyelesaikan berbagai permasalahan sosial. Pada konsep ini, teknologi tidak hanya berfungsi sebagai alat otomatisasi, tetapi juga sebagai sarana untuk meningkatkan kualitas hidup manusia melalui penyediaan informasi yang cepat, akurat, dan mudah diakses. Integrasi antara manusia dan teknologi diharapkan mampu menciptakan sistem yang lebih adaptif terhadap berbagai kebutuhan masyarakat, termasuk dalam pengelolaan fasilitas publik maupun lingkungan pendidikan.

Sebagai institusi yang berperan dalam menghasilkan sumber daya manusia yang unggul, perguruan tinggi dituntut untuk mampu mengikuti perkembangan teknologi tersebut. Penerapan teknologi digital di lingkungan kampus tidak hanya bertujuan

meningkatkan kualitas layanan akademik, tetapi juga mendukung pengelolaan sarana dan prasarana secara lebih efektif. Berbagai fasilitas kampus, seperti sistem keamanan, penerangan, jaringan internet, penggunaan energi listrik, hingga penyediaan air bersih, mulai diarahkan menuju sistem pengelolaan berbasis teknologi agar mampu memberikan pelayanan yang lebih optimal kepada seluruh aktivitas akademik.

Salah satu konsep yang berkembang dalam pengelolaan perguruan tinggi modern adalah *Smart Campus*. *Smart Campus* merupakan konsep pengelolaan kampus yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk mengintegrasikan berbagai layanan akademik maupun nonakademik sehingga seluruh proses dapat berjalan secara lebih efektif, efisien, dan terukur. Penerapan konsep ini memungkinkan berbagai fasilitas kampus dipantau secara terpusat sehingga informasi mengenai kondisi masing-masing fasilitas dapat diperoleh secara *real-time*. Dengan demikian, pihak pengelola dapat melakukan tindakan secara lebih cepat ketika terjadi suatu permasalahan tanpa harus menunggu laporan dari pengguna. Dalam mendukung konsep *Smart Campus* dan *Green Campus*, keberadaan data menjadi salah satu komponen yang sangat penting. Pengelolaan fasilitas tidak lagi cukup dilakukan berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, tetapi memerlukan informasi yang terdokumentasi secara sistematis agar dapat digunakan sebagai dasar evaluasi maupun pengambilan keputusan.

Perkembangan teknologi berbasis *Internet of Things (IoT)* telah memberikan kemudahan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam pengelolaan sumber daya air. IoT memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan bertukar data secara *real-time*, sehingga proses pemantauan dan pengendalian dapat dilakukan dari jarak jauh secara otomatis Baldeon-Perez et al., (2021). Penggunaan sistem *monitoring* air berbasis IoT menjadi langkah penting dalam mendukung efisiensi sumber daya, terutama di lingkungan kampus yang memiliki kebutuhan air cukup tinggi, seperti untuk kegiatan ibadah di

mushola, operasional kantin, serta pemeliharaan taman dan fasilitas umum lainnya.

Air merupakan salah satu sumber daya penting yang menunjang aktivitas manusia. Secara global, pengelolaan air kini menjadi isu krusial karena meningkatnya kebutuhan dan keterbatasan sistem distribusi dalam menyediakan informasi kondisi air secara akurat. Banyak institusi, termasuk sekolah dan perguruan tinggi, masih menghadapi kendala dalam memantau ketersediaan air secara efisien sehingga berpotensi menimbulkan pemborosan, kekurangan pasokan, atau kerusakan fasilitas.

Pada konteks nasional, banyak institusi pendidikan di Indonesia masih mengandalkan tandon sebagai media penyimpanan air utama. Namun, pengecekan kondisi air pada tandon umumnya masih dilakukan secara manual. Berdasarkan hasil observasi awal pada fasilitas tandon air IKIP PGRI Bojonegoro, proses pemantauan masih dilakukan secara manual dengan pemeriksaan langsung oleh petugas. Kondisi tersebut menyebabkan keterlambatan deteksi ketika volume air menurun secara signifikan. Selain itu, belum tersedia data historis penggunaan air yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan.

Metode ini memiliki sejumlah kekurangan, seperti sulitnya memantau level air secara akurat, potensi keterlambatan pengisian, serta risiko tandon meluap akibat tidak adanya sistem peringatan dini. Kondisi tersebut tidak hanya menyebabkan pemborosan air, tetapi juga menghambat penerapan prinsip efisiensi energi dan konsep *Green Campus* yang kini mulai digalakkan di berbagai perguruan tinggi.

Permasalahan serupa juga ditemukan di IKIP PGRI Bojonegoro. Berdasarkan hasil observasi awal peneliti pada Agustus 2025, terdapat 10 tandon air yang tersebar di area mushola, kantin, dan taman kampus. Seluruh tandon masih dipantau secara manual oleh petugas fasilitas. Data observasi menunjukkan bahwa :

1. Tandon meluap 3–4 kali per minggu, terutama pada area mushola dan kantin.

2. Kekosongan air terjadi 2–3 kali per minggu, sehingga mengganggu kegiatan seperti wudhu, operasional kantin, dan sanitasi.
3. Proses pengecekan memerlukan waktu 10–15 menit per tandon, sehingga total waktu pengecekan dapat mencapai 1,5–2 jam per hari.
4. Tidak adanya data historis penggunaan air yang dapat digunakan untuk evaluasi efisiensi. Temuan ini menunjukkan perlunya sistem *monitoring* air yang mampu memberikan informasi secara otomatis, akurat, dan terpusat.

Menurut Al Wadhahi & Ahmed (2020) penerapan sistem *monitoring* air berbasis IoT tidak hanya memungkinkan pengguna untuk memantau ketinggian air secara langsung, tetapi juga dapat dikembangkan untuk melakukan pemesanan air otomatis melalui aplikasi ketika air di dalam tandon mencapai batas minimum. Sistem seperti ini mampu mengurangi pemborosan air dan meningkatkan efisiensi distribusi, terutama di wilayah yang memiliki pasokan air terbatas.

Selain itu, dalam sistem otomatisasi pemantauan air berbasis sensor juga terbukti efektif dalam meningkatkan keakuratan dan kecepatan pemantauan volume air. Wahyuni et al., (2021) menjelaskan bahwa penggunaan sensor ultrasonik berbasis Arduino dapat membaca ketinggian air secara akurat dengan jangkauan 2–300 cm serta memberikan peringatan dini melalui LCD dan *buzzer*. Prinsip serupa dapat diadaptasi menggunakan mikrokontroler ESP32 yang memiliki fitur *Wi-Fi*, sehingga data dapat dikirim langsung ke *server* dan ditampilkan dalam bentuk grafik di *dashboard* berbasis web.

Dalam konteks pengelolaan berbasis teknologi, penerapan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* dinilai mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya melalui pemanfaatan data digital yang terintegrasi. Rinov dkk. (2023) menjelaskan bahwa optimalisasi sistem berbasis IoT tidak hanya ditentukan oleh tingkat akurasi sensor, tetapi juga oleh kemampuan sistem dalam mengolah, menyimpan, dan menyajikan data secara

terstruktur melalui media digital. Penyimpanan data secara terpusat dalam basis data memungkinkan informasi hasil pengukuran dimanfaatkan sebagai data historis untuk keperluan analisis, evaluasi, dan pengambilan keputusan. Konsep ini sejalan dengan sistem *monitoring* ketinggian air tandon yang dikembangkan dalam penelitian ini, di mana data hasil pembacaan sensor dikirimkan ke *server* dan disajikan melalui *dashboard* berbasis web guna mendukung pemantauan kondisi air secara berkelanjutan dan berbasis data.

Selanjutnya, pada penelitian oleh Slamet Purwo Santoso (2022) juga menunjukkan bahwa penerapan sistem otomatis berbasis mikrokontroler Arduino dapat meningkatkan efisiensi operasional melalui integrasi sensor dan indikator visual. Dalam penelitian tersebut, sistem akses pintu otomatis dengan sensor suhu dan *handsanitizer* dirancang untuk bekerja secara mandiri menggunakan sensor dan mikrokontroler. Hasil penelitian ini menguatkan bahwa penggunaan sensor dan sistem otomatis berbasis Arduino dapat diadaptasi pada konteks lain, termasuk dalam sistem pemantauan air yang memerlukan respons cepat dan akurat terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Untuk memperkuat hasil penelitian yang telah diperoleh, dilakukan perbandingan dengan beberapa penelitian terdahulu yang memiliki topik serupa mengenai penerapan *Internet of Things* pada sistem *monitoring* air. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian hasil penelitian yang dikembangkan dengan penelitian sebelumnya, sekaligus menunjukkan kontribusi dan pengembangan yang dilakukan dalam penelitian ini.

Penelitian oleh Delwizar et al., (2021) juga menunjukkan bahwa penerapan sistem berbasis IoT dengan sensor ultrasonik, *turbidity*, dan pH pada *overhead tank* mampu mengurangi pemborosan air sekaligus meningkatkan kualitas air yang dipantau. Sistem tersebut menggunakan konektivitas *Wi-Fi* untuk mengirimkan data ke *cloud server* seperti

ThingSpeak dan menampilkan hasil pemantauan pada aplikasi Android secara *real-time*. Hal ini membuktikan bahwa sistem pemantauan air modern dapat diimplementasikan dengan biaya rendah dan tingkat akurasi tinggi.

Sedangkan menurut I. Widyamika, N. Indrawati, I. Prastya et al., (2021) dalam penggunaan mikrokontroler ESP32 menunjukkan bahwa ESP32 memiliki tingkat akurasi pembacaan sensor lebih tinggi dan *error* lebih kecil dibandingkan Arduino Uno dalam pengukuran arus dan tegangan, selain juga telah dilengkapi modul *Wi-Fi* dan *Bluetooth* terintegrasi. Hasil ini memperkuat alasan pemilihan ESP32 sebagai pengendali utama dalam sistem *Smart Water Tank Monitoring* karena lebih andal untuk pengolahan data sensor dan komunikasi IoT.

Penelitian oleh Husaini & Sary (2024) juga menegaskan bahwa penggunaan mikrokontroler ESP32 dan sensor ultrasonik dalam sistem pemantauan ketinggian air berbasis (IoT) mampu memberikan hasil pengukuran yang stabil dan akurat. Sistem yang dikembangkan mereka menampilkan data secara *real-time* melalui *dashboard* web dengan tingkat keterlambatan data di bawah 2 detik. Hal ini membuktikan bahwa integrasi ESP32 dan jaringan *Wi-Fi* sangat efektif dalam implementasi sistem *monitoring* air modern.

Menurut Insanudin (2025) penelitiannya menegaskan pentingnya penerapan teknologi IoT dalam proses pemantauan air. Pada penelitian tersebut, Mereka berhasil mengembangkan sistem *monitoring* ketinggian dan kekeruhan air berbasis *Blynk* dengan sensor ultrasonik dan *turbidity* yang dapat menampilkan kondisi tandon secara *real-time* melalui aplikasi. Sistem tersebut terbukti mampu menjaga kestabilan level air serta memberikan notifikasi otomatis ketika tingkat kekeruhan melebihi ambang batas 25 NTU.

Selain itu juga penelitian serupa dilakukan oleh Al Fahhiz & Sujono (2025) menegaskan bahwa penggunaan mikrokontroler ESP32 dan sensor ultrasonik dalam sistem pemantauan ketinggian air berbasis (IoT) mampu memberikan hasil pengukuran yang

stabil dan akurat. Sistem yang dikembangkan mereka menampilkan data secara *real-time* melalui *dashboard* web dengan tingkat keterlambatan data di bawah 2 detik. Hal ini membuktikan bahwa integrasi ESP32 dan jaringan *Wi-Fi* sangat efektif dalam implementasi sistem *monitoring* air modern.

Penelitian oleh Zin et al. (2023) mengembangkan sistem pengendali tinggi permukaan air menggunakan mikrokontroler Arduino UNO dengan indikator LED dan alarm otomatis. Sistem tersebut mampu mengatur katup air secara mandiri serta memberikan peringatan dini ketika ketinggian air mencapai batas maksimum. Pendekatan ini menunjukkan efektivitas indikator visual dalam mendukung sistem peringatan otomatis pada pengelolaan air.

Di sisi lain, penelitian yang dilakukan oleh Dwi Prasetya & Nurhayati (2025) yang dilakukan di RSUD Sidoarjo Barat juga mengimplementasikan sistem *monitoring* dan otomasi ketinggian air berbasis (IoT) menggunakan sensor ultrasonik, *waterflow*, dan INA219. Sistem tersebut mengirimkan data ke *server* melalui koneksi *Wi-Fi* pada mikrokontroler ESP32 dan menampilkan hasil pemantauan dalam bentuk grafik di platform *Thingspeak*. Hasil penelitian menunjukkan akurasi pembacaan sensor mencapai 92%, serta sistem mampu bekerja optimal dalam mengatur aliran air berdasarkan ketinggian yang terdeteksi.

Penelitian terdahulu sebagian besar menerapkan sensor ultrasonik dan mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32 untuk membaca ketinggian air dan mengirimkan data ke aplikasi, namun masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti:

1. Penggunaan platform pihak ketiga (seperti *Blynk* dan *Thingspeak*).
2. Tidak adanya *dashboard* web lokal yang dapat diintegrasikan dengan sistem kampus.
3. Tidak tersedianya histori penggunaan air per hari.

4. Belum adanya indikator visual langsung di lapangan seperti LED tiga warna.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kontribusi spesifik, yaitu mengembangkan sistem *Smart Water Tank Monitoring* berbasis ESP32 dengan fitur sebagai berikut:

1. *Dashboard* web lokal kampus, sebagai pusat pemantauan *real-time*.
2. Penyimpanan data histori penggunaan air harian.
3. Indikator LED hijau–kuning–merah sebagai peringatan visual langsung di lokasi tandon.
4. Desain sistem yang mendukung konsep *Green Campus*, yaitu penggunaan air yang lebih hemat, terukur, dan berkelanjutan.

Berdasarkan uraian penelitian terdahulu, masih terdapat sejumlah celah penelitian yang belum mendapatkan perhatian. Sebagian besar sistem *monitoring* air berbasis IoT masih memanfaatkan platform pihak ketiga seperti *Blynk* atau *Thingspeak*, sehingga kurang sesuai untuk diterapkan pada lingkungan kampus yang membutuhkan integrasi dengan jaringan lokal. Selain itu, penggunaan indikator visual di lapangan seperti LED tiga warna sebagai penanda kondisi air belum banyak diadopsi, padahal keberadaannya penting untuk memberikan peringatan cepat bagi petugas. Fitur penyimpanan histori penggunaan air harian juga belum menjadi fokus dalam penelitian sebelumnya, sehingga institusi sulit melakukan evaluasi terhadap pola konsumsi air secara berkelanjutan. Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya pengembangan sistem *monitoring* air yang lebih komprehensif, mandiri, dan relevan dengan kebutuhan operasional di IKIP PGRI Bojonegoro.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate*) karena model ini menyediakan kerangka kerja yang sistematis dan terstruktur mulai dari analisis kebutuhan pengguna hingga evaluasi kelayakan produk yang dikembangkan. *Output*

konseptual dari penelitian ini berupa rancangan sistem *monitoring* ketinggian air tandon berbasis *Internet of Things* yang terintegrasi antara perangkat keras, perangkat lunak, dan antarmuka pengguna, yang mencakup konsep pemantauan ketinggian air secara *real-time*, penyajian informasi melalui *dashboard* web berbasis *server* lokal, indikator visual kondisi tandon menggunakan LED tiga warna, serta penyimpanan data historis ketinggian air sebagai dasar evaluasi dan pengambilan keputusan pengelolaan air di lingkungan kampus.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses perancangan sistem *Smart Water Tank Monitoring* berbasis *Internet of Things* menggunakan model ADDIE di lingkungan IKIP PGRI Bojonegoro?
2. Bagaimana tingkat kelayakan/kualitas produk sistem *Smart Water Tank Monitoring* yang dikembangkan berdasarkan penilaian ahli dari aspek teknis, fungsional, dan tampilan?
3. Bagaimana tingkat kepraktisan penggunaan sistem *Smart Water Tank Monitoring* berdasarkan respon petugas pengelola fasilitas kampus?

C. Tujuan Penelitian

1. Menghasilkan rancangan dan prototipe sistem *Smart Water Tank Monitoring* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dikembangkan melalui tahapan model ADDIE di lingkungan IKIP PGRI Bojonegoro.
2. Mengetahui tingkat kelayakan sistem *Smart Water Tank Monitoring* yang dikembangkan berdasarkan penilaian ahli pada aspek teknis, fungsional, dan tampilan *dashboard* web.
3. Menganalisis tingkat kepraktisan sistem *Smart Water Tank Monitoring* berdasarkan respon petugas pengelola fasilitas kampus ditinjau dari kemudahan penggunaan, dukungan terhadap tugas pemantauan, dan relevansi dengan kebutuhan operasional.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem sistem *monitoring* sumber daya air berbasis *Internet of Things (IoT)*, khususnya dalam bidang pengelolaan sumber daya air pada lingkungan pendidikan. Selain menghasilkan produk berupa sistem *Smart Water Tank Monitoring*, penelitian ini juga diharapkan mampu memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai penerapan teknologi mikrokontroler dan sensor dalam sistem otomatis. Secara umum, manfaat penelitian ini dibedakan menjadi dua, yaitu manfaat teoretis dan manfaat praktis.

1. Manfaat Teoretis

Secara teoretis, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap pengembangan kajian ilmu pada bidang IoT dan sistem *monitoring* otomatis, khususnya pada pemantauan ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik dan mikrokontroler ESP32. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sistem IoT umumnya masih bergantung pada platform eksternal seperti *Blynk* atau *Thingspeak*, serta belum menyediakan penyimpanan histori penggunaan air maupun indikator visual langsung di lokasi tandon.

Melalui pengembangan sistem dengan metode *Research and Development (R&D)* menggunakan model ADDIE, penelitian ini memperkaya pemahaman teoretis mengenai perancangan sistem *monitoring* air yang terintegrasi dan kontekstual. Penelitian ini menunjukkan bagaimana *dashboard* web dapat dikembangkan secara lokal tanpa ketergantungan pada layanan pihak ketiga, sehingga lebih sesuai diterapkan pada lingkungan kampus yang memiliki jaringan internal sendiri. Penelitian ini juga memperluas kajian terkait integrasi indikator LED sebagai peringatan visual di lapangan, yang sebelumnya belum banyak diulas dalam literatur.

Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan model

ADDIE dalam konteks pengembangan sistem *Internet of Things (IoT)*. Proses analisis kebutuhan berbasis kondisi nyata lapangan seperti keberadaan 10 tandon, frekuensi *overflow*, kekosongan air, serta durasi pengecekan manual menjadi contoh penerapan tahap *Analyze* yang kuat dan berbasis data. Di sisi lain, evaluasi produk melalui penilaian ahli dan respon petugas memberikan penguatan pada tahap *Evaluate*, sehingga model ADDIE tidak hanya digunakan sebagai kerangka pengembangan, tetapi juga diuji efektivitasnya dalam merancang sistem IoT pada lingkungan pendidikan.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan produk *monitoring* air, tetapi juga memberikan kontribusi teoretis yang relevan bagi pengembangan studi IoT, sistem *monitoring* berbasis web, dan penerapan metodologi R&D serta model ADDIE pada pengembangan teknologi di lingkungan kampus. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi penelitian selanjutnya yang berfokus pada optimasi pengelolaan sumber daya air dan penerapan konsep *Green Campus* yang berkelanjutan.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, sistem *Smart Water Tank Monitoring* yang dikembangkan dalam penelitian ini memberikan sejumlah manfaat nyata bagi berbagai pihak di lingkungan kampus. Selain membantu proses operasional, sistem ini juga berperan sebagai alat evaluasi yang dapat mendukung pengambilan keputusan terkait kebijakan pengelolaan air di IKIP PGRI Bojonegoro. Adapun manfaat praktis tersebut dapat dirinci sebagai berikut :

1. Untuk Institusi Kampus

- a) Menyediakan data pemantauan air yang tersaji secara *real-time* maupun riwayat data, sehingga pihak kampus memiliki dasar yang lebih kuat untuk mengevaluasi pola penggunaan air setiap hari.

- b) Membantu kampus dalam merumuskan kebijakan penghematan dan pendistribusian air yang lebih terukur sebagai bagian dari upaya mewujudkan program *Green Campus*.
- c) Mengurangi potensi pemborosan akibat tandon meluap atau telat terisi, sehingga penggunaan sumber daya menjadi lebih efisien secara menyeluruh.
- d) Mendukung perencanaan anggaran dan pemeliharaan fasilitas dengan informasi berbasis data, bukan sekadar perkiraan.

2. Untuk Pengelola Fasilitas atau Petugas Lapangan

- a) Mempermudah proses pemantauan tanpa harus melakukan pengecekan manual ke setiap tandon, sehingga waktu dan tenaga dapat dialokasikan untuk pekerjaan lain yang lebih prioritas.
- b) Indikator LED memberikan peringatan cepat di lapangan, sementara *dashboard* web menyajikan informasi detail kondisi air, membuat pekerjaan petugas menjadi lebih sistematis dan terarah.
- c) Membantu petugas mengatur jadwal pengisian air secara lebih tepat, terutama pada titik yang selama ini rawan kosong atau meluap.

3. Untuk Mahasiswa Teknologi Informasi

- a) Menjadi contoh aplikasi nyata dari *Internet of Things (IoT)* yang dapat dipelajari secara langsung, mulai dari integrasi sensor, pengolahan data pada mikrokontroler ESP32, hingga penyajian informasi pada web.

- b) Memberikan pengalaman praktik yang relevan dengan kebutuhan industri, terutama pada bidang *embedded system*, dan *web-based monitoring*.
- c) Dapat menjadi bahan pembelajaran maupun referensi tugas akhir bagi mahasiswa lain yang tertarik pada pengembangan sistem otomatisasi berbasis sensor.

4. Untuk Peneliti dan Pengembang Sistem

- a) Memberikan referensi baru mengenai pengembangan sistem *monitoring* air yang berbasis web lokal, bukan *platform cloud* pihak ketiga, sehingga lebih fleksibel diterapkan di lingkungan kampus.
- b) Dapat menjadi dasar pengembangan penelitian lanjutan, baik dalam peningkatan akurasi sensor, penambahan fitur seperti prediksi kebutuhan air, maupun integrasi dengan sistem manajemen kampus lainnya.
- c) Menjadi acuan dalam penelitian *Internet of Things (IoT)* yang menekankan aspek keberlanjutan, efisiensi sumber daya, dan implementasi teknologi dalam konteks pendidikan.

E. Definisi Operasional

1. *Smart Water*

Smart Water dalam penelitian ini merujuk pada konsep pengelolaan air yang memanfaatkan teknologi digital untuk memantau dan mengontrol kondisi air secara otomatis. Pengelolaan air dilakukan menggunakan sensor, mikrokontroler, dan sistem informasi yang mampu menyajikan data secara *real-time* sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien, terukur, dan mudah dianalisis. Konsep ini digunakan untuk mendukung efisiensi sumber daya air di lingkungan kampus.

2. *Smart Water Tank Monitoring*

Smart Water Tank Monitoring adalah sistem pemantauan ketinggian air di tandon secara otomatis yang dikembangkan dalam penelitian ini. Sistem bekerja menggunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi permukaan air dan mikrokontroler ESP32 untuk mengolah, mengirim, dan menampilkan data melalui *dashboard* web lokal secara *real-time*, sehingga kondisi tandon dapat dipantau tanpa pengecekan manual.

3. *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) dalam penelitian ini adalah konsep keterhubungan perangkat elektronik seperti sensor dan mikrokontroler ke jaringan internet sehingga dapat mengirim, menerima, dan menampilkan data secara otomatis. *Internet of Things (IoT)* memungkinkan setiap tandon di kampus dapat dipantau dari jarak jauh dalam satu sistem terintegrasi.

4. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah alat yang digunakan untuk mengukur ketinggian air berdasarkan pantulan gelombang suara. Nilai jarak yang dibaca sensor menjadi dasar sistem untuk menentukan kondisi air di dalam tandon, seperti penuh, sedang, atau hampir habis.

5. ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang digunakan sebagai pusat pengolahan data dalam sistem ini. ESP32 dipilih karena memiliki modul *Wi-Fi* terintegrasi, kapasitas pemrosesan yang lebih baik dibanding Arduino Uno, serta mendukung pengiriman data secara *real-time* ke *dashboard* web berbasis *Internet of Things*.

6. *Dashboard Monitoring*

Dashboard Monitoring adalah antarmuka berbasis web yang digunakan untuk menampilkan hasil pemantauan kondisi air pada tandon secara *real-time*. *Dashboard*

monitoring berfungsi sebagai media visualisasi data yang menampilkan informasi seperti ketinggian air, persentase kapasitas air, status kondisi tandon, serta informasi *monitoring* dari beberapa tandon yang terhubung ke sistem. Melalui *dashboard* ini, pengguna dapat memantau kondisi air dengan lebih mudah, cepat, dan efisien tanpa harus melakukan pengecekan secara langsung ke lokasi tandon.

7. Research and Development (R&D)

Research and Development (R&D) dalam penelitian ini adalah metode pengembangan produk yang melibatkan proses analisis kebutuhan, perancangan, pembuatan *prototype*, pengujian, revisi, dan penyempurnaan sistem *Smart Water Tank Monitoring* hingga siap digunakan.

8. Model ADDIE

Model ADDIE merupakan kerangka pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini, terdiri dari lima tahap *Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*. Model ini menjadi panduan sistematis dalam merancang, mengembangkan, mengevaluasi secara terstruktur dan sistematis pada sistem *Smart Water Tank Monitoring* agar sesuai dengan kebutuhan pengguna di lingkungan kampus.

Tabel 1.1 Definisi Operasional Variabel Instrumen

Variabel	Definisi Operasional	Indikator	Instrumen	Skala
Kualitas Produk Sistem	Kualitas produk <i>Smart Water Tank Monitoring</i> yang dikembangkan melalui tahapan ADDIE, mencakup kualitas rancangan, fungsi perangkat keras, fungsi perangkat lunak, dan kinerja sistem pada implementasi awal.	1) Ketepatan desain sistem. 2) Komponen <i>hardware</i> (sensor & ESP32) berfungsi dengan baik. 3) <i>Dashboard</i> web menampilkan data secara <i>real-time</i> . 4) Sistem mampu menyimpan histori penggunaan air.	Lembar uji coba produk / checklist (oleh peneliti).	Nominal

Kelayakan Sistem	Tingkat kelayakan sistem <i>Smart Water Tank Monitoring</i> berdasarkan penilaian ahli, mencakup aspek teknis, fungsional, dan tampilan.	1) Kesesuaian sensor dengan fungsi pemantauan air. 2) Keakuratan pembacaan data. 3) Stabilitas koneksi ESP32 dan <i>Wi-Fi</i> . 4) Kejelasan tampilan <i>dashboard</i> web. 5) Kesesuaian sistem dengan prinsip <i>Internet of Things</i> .	Lembar validasi ahli (skala <i>Likert</i>).	Ordinal
Kepraktisan Sistem	Tingkat kemudahan penggunaan sistem <i>Smart Water Tank Monitoring</i> oleh petugas pengelola fasilitas kampus dalam kegiatan pemantauan tandon air.	1) Kemudahan memahami tampilan <i>dashboard</i> web. 2) Kemudahan membaca indikator LED di lapangan. 3) Efisiensi waktu pengecekan tandon. 4) Kesesuaian fungsi sistem dengan kebutuhan pengguna.	Angket respon pengguna (skala <i>Likert</i>).	Ordinal

F. Spesifikasi Produk

Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa Sistem *Smart Water Tank Monitoring* berbasis *Internet of Things* yang digunakan untuk memantau kondisi dan ketinggian air pada beberapa tandon secara otomatis dan *real-time*. Sistem ini dirancang berdasarkan kebutuhan pengguna di lingkungan IKIP PGRI Bojonegoro untuk membantu proses *monitoring* air secara lebih efektif dan efisien.

Sistem terdiri atas beberapa komponen utama yang saling terintegrasi, yaitu mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan dan pengiriman data, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi ketinggian air dalam tandon, database MySQL sebagai media penyimpanan data *monitoring*, serta *dashboard* web sebagai media visualisasi informasi yang dapat diakses oleh pengguna. Selain itu, sistem mendukung *monitoring* multi-tandon sehingga pengguna dapat memantau kondisi beberapa tandon melalui satu *dashboard*. Sebagai indikator kondisi air secara langsung, sistem juga dilengkapi dengan notifikasi visual berupa LED yang menunjukkan status ketinggian air pada masing-masing

tandon.

Melalui integrasi perangkat keras dan perangkat lunak tersebut, sistem mampu melakukan proses pembacaan data, pengiriman data, penyimpanan data, dan penyajian informasi kondisi air secara *real-time* sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan *monitoring* dan pengelolaan air di lingkungan kampus.

1. Keterkaitan dengan Kebutuhan Pengguna

Berdasarkan hasil observasi awal, petugas kampus membutuhkan sistem yang mampu :

- a) Memberikan informasi ketinggian air secara *real-time* tanpa harus mendatangi lokasi tandon satu per satu.
- b) Menampilkan status tandon secara visual di lapangan melalui indikator LED.
- c) Menyimpan riwayat penggunaan air sebagai bahan evaluasi pengelolaan air kampus.
- d) Dapat diakses melalui *dashboard* web lokal untuk mempermudah pemantauan dari ruangan fasilitas.

Oleh karena itu, spesifikasi produk dirancang untuk memenuhi kebutuhan tersebut melalui integrasi sensor, mikrokontroler ESP32, dan sistem berbasis web.

2. Ruang Lingkup Implementasi Produk

Sistem ini dirancang untuk digunakan pada beberapa tandon air di lingkungan IKIP PGRI Bojonegoro, khususnya :

- a) Tandon mushola, sebagai kebutuhan air wudhu.
- b) Tandon kantin, terkait operasional kegiatan memasak dan kebersihan.
- c) Tandon taman, untuk perawatan tanaman.

Pada tahap awal pengembangan, rangkaian sistem dirakit menggunakan *Breadboard*

agar proses uji coba dan perbaikan dapat dilakukan dengan mudah tanpa merusak komponen. Implementasi difokuskan pada 1–2 tandon terlebih dahulu, kemudian diuji efektivitas dan kepraktisannya sebelum diperluas ke seluruh tandon kampus. Setelah sistem berhasil berfungsi sesuai dengan perancangan, seluruh komponen disusun pada *breadboard* dan ditempatkan di dalam *project box* untuk memberikan perlindungan terhadap rangkaian serta menghasilkan tampilan prototipe yang lebih rapi.

1. Spesifikasi Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi berbagai komponen sebagai berikut :

Tabel 1.2 Spesifikasi Perangkat Keras

Komponen	Spesifikasi	Fungsi
Mikrokontroler ESP32	<i>Dual Core, Wi-Fi & Bluetooth built-in</i>	Sebagai pusat kendali sistem untuk membaca data dari sensor dan mengirimkannya ke <i>server</i> melalui koneksi <i>Wi-Fi</i> .
Sensor Ultrasonik HC-SR04	Jarak deteksi 2–400 cm, akurasi ± 3 mm	Mendeteksi jarak permukaan air dari sensor untuk menentukan level ketinggian air dalam tandon.
Lampu Indikator LED	LED tiga warna (hijau, kuning, merah)	Memberikan peringatan visual tentang kondisi air: penuh (hijau), sedang (kuning), dan hampir habis (merah).
<i>Breadboard</i>	-	Sebagai media perakitan awal sebelum penyolderan, untuk memudahkan proses uji coba dan perbaikan rangkaian.
Papan PCB (<i>Printed Circuit Board</i>)	-	Digunakan pada tahap akhir setelah sistem berhasil diuji agar rangkaian lebih rapi dan permanen.
Kabel <i>Jumper</i> dan Resistor	-	Menghubungkan antar komponen dan menjaga kestabilan arus dalam

		rangkaian.
Catu Daya (Adaptor 5V–12V)	Output DC 5–12 Volt	Menyediakan sumber listrik bagi ESP32 dan komponen lainnya.

2. Spesifikasi Perangkat Lunak (*Software*)

Bagian perangkat lunak digunakan untuk pemrograman, pengendalian, dan pengolahan data hasil pembacaan sensor sebagai berikut :

Tabel 1.3 Spesifikasi perangkat Lunak

Komponen	Software	Fungsi
Arduino IDE	Versi terbaru	Digunakan untuk menulis dan mengunggah program ke mikrokontroler ESP32.
XAMPP (Apache & MySQL)	Versi 8.x	Berfungsi sebagai <i>server</i> lokal untuk menjalankan <i>file</i> PHP dan menyimpan data hasil pembacaan sensor pada <i>database</i> MySQL.
<i>Library</i> ESP32 & Ultrasonik	<i>Library</i> bawaan Arduino	Mendukung komunikasi antara mikrokontroler dan sensor, serta memungkinkan pengiriman data melalui koneksi <i>Wi-Fi</i> .
Visual Studio Code (VS Code)	Versi terbaru	Digunakan sebagai lingkungan pengembangan (<i>code editor</i>) untuk menulis program berbasis PHP, HTML, CSS, dan JavaScript.
PHP	Bahasa <i>server side</i>	Digunakan untuk menerima data dari ESP32 dan menyimpannya ke dalam <i>database</i> MySQL menggunakan metode HTTP POST.
HTML, CSS, dan JavaScript	Bahasa pemrograman web	Digunakan untuk membuat tampilan <i>dashboard monitoring</i> yang menampilkan data ketinggian air secara <i>real-time</i> .
<i>Browser</i> (Google Chrome / Edge)	-	Digunakan untuk mengakses dan menampilkan halaman web hasil <i>monitoring</i> .
<i>Driver</i> CP210x USB to UART	-	Mendukung komunikasi antara ESP32 dan komputer saat proses <i>upload</i> program menggunakan kabel USB.

3. Spesifikasi Fungsional (*Functional Specification*)

Sistem yang dikembangkan memiliki fungsi utama sebagai berikut :

1. Fungsi *Monitoring Real-time*.

Sistem mampu melakukan *monitoring* ketinggian air secara *real-time* dengan cara membaca ketinggian air setiap beberapa detik dan menampilkan data secara langsung pada *dashboard* web kampus.

2. Fungsi Indikator LED Lapangan.

Indikator LED digunakan sebagai peringatan visual cepat di lokasi tandon agar petugas dapat mengetahui kondisi air tanpa membuka *dashboard*.

Tabel 1.5 Indikator LED

Warna	Makna	Kondisi tandon
Hijau	Siap pakai	Air cukup dan tandon dalam kondisi aman atau penuh.
Kuning	Perlu pemantauan	Air mulai berkurang, segera di cek berkala.
Merah	Perlu tindakan	Air hampir habis dan membutuhkan pengisian.

3. Fungsi Penyimpanan Data Historis.

Sistem memiliki kemampuan untuk menyimpan data hasil pemantauan secara otomatis ke dalam *database*. Data yang disimpan meliputi :

- 1) Ketinggian air (dalam satuan cm atau persentase)
- 2) *Timestamp* atau waktu pencatatan data
- 3) Identitas tandon (lokasi/ID tandon)

Data historis ini digunakan untuk analisis tren penggunaan air, evaluasi efisiensi pengelolaan air, serta mendukung proses pengambilan keputusan dalam pemeliharaan fasilitas kampus.

4. Fungsi *Dashboard* Web Lokal Kampus.

Dashboard dikembangkan berbasis web dan dapat diakses melalui jaringan lokal kampus (LAN/Wi-Fi kampus). Fitur *dashboard* meliputi :

- 1) Menampilkan status setiap tandon secara *real-time*.

- 2) Menampilkan histori ketinggian air.
 - 3) Menyajikan informasi identitas tandon.
 - 4) Memberikan tampilan antarmuka yang sederhana dan mudah dipahami petugas.
5. Fungsi Notifikasi Visual Lapangan.

Notifikasi visual LED sebagai penanda cepat bagi petugas lapangan saat berada di dekat tandon. Selain itu, sistem dirancang agar mudah dipelihara, dapat dipasang ulang, dan memungkinkan pengembangan lebih lanjut untuk menambah jumlah tandon yang dimonitor.

G. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

1. Asumsi Pengembangan.

Dalam pengembangan Sistem *Smart Water Tank Monitoring* berbasis IoT, penelitian ini menetapkan sejumlah asumsi yang digunakan sebagai dasar dalam proses perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem. Asumsi tersebut dibuat untuk memastikan bahwa pengembangan sistem dapat berlangsung dalam kondisi yang terkendali sehingga hasil pengujian dapat dievaluasi secara terarah.

Pertama, penelitian ini mengasumsikan bahwa koneksi jaringan *Wi-Fi* kampus berada dalam kondisi stabil, memiliki jangkauan yang memadai, serta menyediakan *bandwidth* yang cukup untuk mendukung proses pengiriman data dari mikrokontroler ESP32 ke *server* lokal secara *real-time*. Kestabilan jaringan dianggap sebagai faktor kritis karena sistem bergantung pada komunikasi data berbasis protokol HTTP atau MQTT yang sensitif terhadap gangguan jaringan.

Kedua, tandon air yang digunakan sebagai objek uji coba diasumsikan bersih, tidak berkarat, dan tidak mengandung benda padat, busa, maupun residu yang dapat

mengganggu pemantauan sensor ultrasonik. Hal ini penting karena kehadiran elemen penghalang di sekitar permukaan air berpotensi menyebabkan pantulan sinyal yang tidak akurat dan berdampak pada kesalahan data pembacaan ketinggian air.

Ketiga, penelitian mengasumsikan bahwa petugas fasilitas kampus memiliki kemampuan dasar dalam menggunakan perangkat komputer dan memahami instruksi operasional. Meskipun sistem dirancang agar bersifat *user-friendly*, penelitian menetapkan bahwa pengguna akan mendapatkan pelatihan singkat atau panduan penggunaan *dashboard* web sehingga proses adaptasi terhadap sistem tidak memerlukan waktu lama.

Keempat, perangkat lunak pendukung seperti XAMPP, PHP, MySQL, HTML, CSS, JavaScript, serta *server* lokal yang digunakan diasumsikan dapat berjalan dengan baik selama proses pengembangan dan pengujian. Hal ini mencakup asumsi bahwa tidak terjadi *crash*, *incompatibility*, atau gangguan teknis signifikan yang dapat menghambat pengumpulan dan penyimpanan data.

Selain itu, penelitian ini mengasumsikan bahwa kondisi lingkungan fisik tidak mengalami perubahan drastis selama periode uji coba, seperti curah hujan ekstrem, perubahan struktur bangunan, atau modifikasi instalasi tandon yang tidak direncanakan. Adanya kestabilan lingkungan fisik diharapkan membantu menjaga konsistensi hasil pengamatan dan memudahkan proses analisis data.

2. Keterbatasan Pengembangan

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu diperhatikan, meskipun sistem telah berhasil dikembangkan dan diimplementasikan sesuai tujuan penelitian. Keterbatasan tersebut berpengaruh terhadap penafsiran hasil dan menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan selanjutnya.

Pertama, pengujian sistem masih terbatas pada 1–2 unit tandon air di lingkungan

IKIP PGRI Bojonegoro, sehingga representativitas hasil belum dapat digeneralisasikan untuk skala yang lebih luas, seperti area kampus secara menyeluruh atau implementasi di lingkungan pemukiman dan industri. Kondisi fisik tandon dan kebutuhan operasional di lokasi berbeda dapat menuntut konfigurasi sistem yang berbeda pula.

Kedua, parameter yang dipantau masih terbatas pada ketinggian air, sementara variabel lain yang berpotensi memberikan informasi penting, seperti kekeruhan, pH, debit air, atau tingkat kebocoran, belum dimasukkan dalam sistem. Ruang lingkup parameter yang sempit berpengaruh pada kemampuan sistem dalam mendukung evaluasi kualitas air secara menyeluruh.

Ketiga, sistem belum diuji dalam jangka waktu panjang maupun kondisi lingkungan ekstrem, termasuk pemadaman listrik berkepanjangan, fluktuasi tegangan, panas ekstrem, kelembapan tinggi, atau gangguan jaringan nirkabel yang signifikan. Kondisi tersebut dapat memengaruhi daya tahan sensor, kestabilan mikrokontroler, serta integritas data yang disimpan pada *server*.

Keempat, evaluasi kepraktisan dan kemudahan penggunaan sistem hanya melibatkan sebagian petugas fasilitas kampus dan belum mencakup pengguna dengan latar belakang kompetensi yang lebih beragam. Hal ini berpotensi memengaruhi hasil evaluasi terkait persepsi kemudahan, ketersediaan waktu, serta tingkat kepuasan pengguna.

Kelima, sistem saat ini masih mengandalkan sumber daya listrik dan jaringan lokal tanpa dukungan backup atau alternatif redundansi, sehingga kinerja sistem sangat bergantung pada ketersediaan sarana infrastruktur kampus. Ketidaktersediaan cadangan daya (UPS) atau koneksi internet sekunder dapat menyebabkan hilangnya data saat terjadi gangguan.

Terakhir, pengembangan sistem dilakukan dalam lingkup waktu penelitian yang

terbatas, sehingga optimalisasi aspek perangkat keras, algoritma pengolahan data, dan antarmuka pengguna belum dilakukan secara menyeluruh. Keterbatasan waktu juga mempengaruhi peluang untuk melakukan pengujian komparatif dengan sistem sejenis sebagai pembandingan.