



Optimasi Keseimbangan Volume Sumber Tandon terhadap Distribusi Air pada Perumahan Masyarakat Berbasis Sistem Cerdas dan Internet of Things

Jusdi¹, Wardi², Supriadi Sahibu³

¹Program Pascasarjana, Sistem Komputer, Universitas Handayani Makassar, jusdi1993@gmail.com

²Program Pascasarjana, Sistem Komputer, Universitas Handayani Makassar, wardi@unhas.ac.id

³Program Pascasarjana, Sistem Komputer, Universitas Handayani Makassar, supriadi@gmail.ac.id

Corresponding Author: jusdi1993@gmail.com¹

Abstract: Efficient water distribution management in residential areas is one of the main challenges in ensuring sufficient clean water availability for the community. Clean water shortages are often a critical issue, especially during peak hours. Reliance on manual water reservoir filling also often leads to other problems, such as waste due to overfilling or water shortages due to late filling. This research aims to: (1) Develop an IoT-based intelligent control system to optimize water filling and distribution in residential reservoirs to maintain water volume balance; (2) Implement an automatic control system capable of adjusting water filling and discharge in reservoirs in real time based on user consumption patterns; (3) Integrating water level sensors and turbidity sensors to improve the effectiveness of intelligent control in maintaining water quality and volume in the reservoir. This research used the ADDIE model with five stages: needs analysis, design, development, implementation, and evaluation. Test results showed that the system successfully managed the reservoir's filling automatically with high accuracy (ultrasonic sensor deviation of 0 cm) and distributed water efficiently with an average water flow rate of approximately 16 liters/minute from five distribution channels. The system was also able to automatically stop water distribution when the turbidity sensor detected turbidity exceeding the threshold and resume distribution once the water returned to normal. Real-time notifications via the ThingSpeak and Telegram platforms proved to be helpful for users in monitoring the system. Thus, all research objectives were successfully achieved.

Keywords: Water Distribution, IoT, Reservoir Optimization, Housing, Intelligent Systems.

Abstrak: Pengelolaan distribusi air yang efisien di kawasan perumahan menjadi salah satu tantangan utama dalam memastikan ketersediaan air bersih yang cukup bagi masyarakat. Kekurangan air bersih sering kali menjadi masalah kritis, terutama pada jam-jam sibuk. Ketergantungan pada pengisian tandon air secara manual juga sering menyebabkan permasalahan lain, seperti pemborosan akibat pengisian berlebih atau kekurangan air akibat keterlambatan pengisian. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengembangkan kendali cerdas berbasis IoT untuk mengoptimalkan pengisian dan distribusi air dalam tandon perumahan agar keseimbangan volume air tetap terjaga; (2) Mengimplementasikan sistem kendali

otomatis yang mampu menyesuaikan pengisian dan pelepasan air dalam tandon secara real-time berdasarkan pola konsumsi pengguna; (3) Mengintegrasikan sensor ketinggian air dan sensor kekeruhan air untuk meningkatkan efektivitas kendali cerdas dalam menjaga kualitas dan volume air dalam tandon. Penelitian ini menggunakan model ADDIE dengan lima tahapan analisis kebutuhan, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengatur pengisian tandon secara otomatis dengan akurasi tinggi (deviasi sensor ultrasonik 0 cm), serta mendistribusikan air secara efisien dengan rata-rata debit aliran air sebesar ± 16 liter/menit dari lima jalur distribusi. Sistem juga mampu menghentikan distribusi air secara otomatis ketika sensor turbidity mendeteksi kekeruhan melebihi ambang batas, dan melanjutkan distribusi setelah air kembali jernih. Notifikasi real-time melalui platform ThingSpeak dan Telegram terbukti membantu pengguna dalam pengawasan sistem. Dengan demikian, seluruh tujuan penelitian dapat dikatakan telah tercapai dengan baik.

Kata Kunci: Distribusi Air, IoT, Optimasi Tandon, Perumahan, Sistem Cerdas

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber kehidupan yang tidak tergantikan bagi manusia. Setiap hari, air digunakan untuk berbagai kebutuhan, mulai dari konsumsi, kebersihan, hingga aktivitas Rumah lainnya. Namun, ketersediaan air bersih tidak selalu sebanding dengan kebutuhan masyarakat, terutama di lingkungan perumahan yang mengandalkan sistem distribusi berbasis tandon.

Pengelolaan distribusi air yang efisien di kawasan perumahan menjadi salah satu tantangan utama dalam memastikan ketersediaan air bersih yang cukup bagi masyarakat. Kekurangan air bersih sering kali menjadi masalah kritis, terutama pada jam-jam sibuk. Masalah ini umumnya disebabkan oleh ketidakseimbangan antara pasokan air dari sumber utama dengan kebutuhan masyarakat. Dalam banyak kasus, ketiadaan sistem otomatis yang dapat memantau dan mengelola volume air dalam tandon Rumah berkontribusi besar terhadap terjadinya kekosongan air.

Ketergantungan pada pengisian tandon air secara manual juga sering menyebabkan permasalahan lain, seperti pemborosan akibat pengisian berlebih atau kekurangan air akibat keterlambatan pengisian. Di beberapa daerah, minimnya akses informasi mengenai ketersediaan air dalam tandon semakin memperburuk kondisi, sehingga masyarakat tidak dapat mengambil langkah preventif. Fenomena ini menimbulkan ketidaknyamanan, terutama bagi keluarga yang sangat bergantung pada suplai air bersih untuk kebutuhan sehari-hari.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pemantauan air berbasis *IoT* untuk mengatasi permasalahan ini. Salah satu Penelitian mengembangkan sistem monitoring ketinggian air dalam tandon Rumah berbasis *IoT* menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan mikrokontroler NodeMCU. Sistem ini memungkinkan pengguna menerima notifikasi real-time melalui aplikasi Blynk ketika level air dalam tandon mencapai batas tertentu serta memberikan kontrol jarak jauh terhadap pompa air. Namun, penelitian ini hanya berfokus pada pemantauan volume air, tanpa mempertimbangkan efektivitas distribusi air ke beberapa rumah dalam satu sistem tandon dan tanpa adanya mekanisme untuk menilai kualitas air dalam tandon.

Selain itu, penelitian menerapkan konsep serupa dengan menggunakan sensor ultrasonik JCN-SR04T dan flow meter sensor untuk mengukur penggunaan air pada setiap lantai bangunan. Sistem ini mampu memberikan data mengenai volume air yang tersedia, tetapi masih memiliki beberapa keterbatasan karena tidak adanya sistem pengendalian otomatis berbasis kecerdasan buatan, sehingga sistem hanya bekerja berdasarkan ambang batas tetap tanpa mempertimbangkan pola konsumsi pengguna. Selain itu, penelitian ini

belum memiliki fitur pemantauan kualitas air, sehingga hanya memastikan air tersedia tanpa menjamin apakah air tersebut layak dikonsumsi. Penelitian ini juga belum memiliki fitur optimasi distribusi air, sehingga penyaluran air ke rumah-rumah dalam satu kompleks perumahan masih kurang efisien.

Studi lain juga mengembangkan sistem serupa yang menghubungkan sensor ultrasonik dengan platform *IoT* berbasis aplikasi Blynk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat bekerja dengan baik dalam memberikan informasi real-time terkait ketinggian air dalam tandon serta memberikan fleksibilitas bagi pengguna dalam mengontrol pompa air tanpa harus melakukan pengecekan secara manual. Namun, penelitian ini masih memiliki beberapa kelemahan utama, seperti belum adanya sistem distribusi berbasis data konsumsi, sehingga air dalam tandon tidak didistribusikan secara optimal ke beberapa rumah. Selain itu, penelitian ini belum memiliki sensor tambahan untuk mendeteksi kualitas air, sehingga tidak dapat memberikan peringatan jika air terkontaminasi atau mengalami perubahan kualitas. Kurangnya integrasi dengan sistem otomatisasi pengisian tandon berbasis *IoT* juga menjadi kendala, karena sistem hanya memberikan notifikasi tanpa mekanisme kontrol otomatis untuk mengoptimalkan distribusi air.

Dalam penelitian ini, keseimbangan yang dimaksud berkaitan dengan pengaturan volume air dalam satu tandon utama agar tetap stabil sesuai dengan kebutuhan distribusi air di lingkungan perumahan. Keseimbangan ini menjadi penting untuk menghindari pemborosan akibat pengisian berlebih serta memastikan pasokan air tetap tersedia saat dibutuhkan. Ketidakseimbangan dapat terjadi dalam dua kondisi utama. Ketika jumlah air yang keluar dari tandon lebih besar dibandingkan suplai yang masuk, kondisi ini bisa terjadi akibat tingkat konsumsi yang tinggi, keterbatasan kapasitas suplai, atau gangguan pada sistem pengisian, yang pada akhirnya menyebabkan kekurangan air dalam tandon. Sebaliknya, jika suplai air berlebih tanpa adanya kontrol yang baik, hal ini dapat mengakibatkan pemborosan serta limpahan air yang tidak termanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang mampu menyeimbangkan suplai dan distribusi air secara otomatis, guna menghindari kedua permasalahan tersebut.

Metode konvensional seperti pelampung mekanis memang dapat digunakan untuk mengontrol ketinggian air dalam tandon secara otomatis, di mana pelampung akan menyalakan atau mematikan pompa sesuai batas yang ditentukan. Namun, metode ini memiliki beberapa keterbatasan yang signifikan. Sistem pelampung mekanis tidak dapat memberikan informasi real-time mengenai volume air, tidak mampu menganalisis pola konsumsi air, serta tidak memiliki fleksibilitas dalam pengendalian jarak jauh, sehingga pengguna tetap harus melakukan pemantauan secara manual.

Berdasarkan kekurangan-kekurangan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem distribusi air berbasis *IoT* dengan beberapa keunggulan dibandingkan penelitian sebelumnya. Sistem ini mengintegrasikan sensor kekeruhan air, sehingga tidak hanya memantau volume air tetapi juga memastikan kualitas air sebelum didistribusikan ke pengguna. Selain itu, sistem ini dirancang untuk mengoptimalkan keseimbangan suplai dan distribusi air ke rumah dalam satu sistem tandon utama, sehingga pemanfaatan air lebih efisien dan merata. Integrasi sistem otomatisasi pengisian air memungkinkan sistem bekerja tanpa intervensi manual secara terus-menerus. Selain itu, sistem ini memanfaatkan data konsumsi air untuk optimasi distribusi, sehingga dapat beradaptasi dengan pola penggunaan air di lingkungan perumahan.

Dengan penerapan sistem berbasis *IoT* ini, diharapkan distribusi air di kawasan perumahan dapat dioptimalkan, sehingga setiap Rumah mendapatkan pasokan air yang cukup dan merata. Teknologi ini juga berpotensi menjadi solusi jangka panjang untuk mengatasi krisis air di daerah yang memiliki sumber daya air terbatas.

METODE

Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*) sebagai kerangka pengembangan sistem optimasi keseimbangan volume tandon terhadap distribusi air berbasis *Internet of Things* (IoT). Tahapan penelitian dimulai dari analisis kebutuhan, mencakup kondisi distribusi air, kapasitas tandon, pola konsumsi, hingga kesiapan infrastruktur internet, kemudian dilanjutkan dengan tahap desain sistem berupa perancangan sensor, algoritma pengambilan keputusan, serta antarmuka pengguna. Selanjutnya pada tahap pengembangan, sistem dipasang menggunakan perangkat keras seperti sensor ultrasonik, *water flow sensor*, *solenoid valve*, dan *Raspberry Pi* yang terintegrasi dengan platform ThingSpeak serta Telegram Bot untuk monitoring dan notifikasi real-time. Tahap implementasi dilakukan dengan pemasangan sistem pada tandon dan distribusi air masyarakat serta pelatihan teknisi terkait, sedangkan tahap evaluasi dilakukan melalui pengamatan kinerja sistem, validasi akurasi sensor, serta penyebaran kuesioner untuk mendapatkan masukan pengguna. Penelitian ini didukung oleh perangkat keras (TP-Link MR400, *Raspberry Pi 5*, sensor ultrasonik, *water flow sensor*, *sensor turbidity*, *relay*, *valve solenoid*, *power supply*, dan pompa air) serta perangkat lunak (*Raspberry Pi OS*, *Python*, *ThingSpeak*, dan *Fritzing*). Penelitian yang dilaksanakan di Perumahan Sokko Bampa Permai C/17 Ponci Bulukumba pada Februari–Mei 2025 ini dirancang secara terstruktur untuk menghasilkan sistem distribusi air yang efisien, akurat, dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

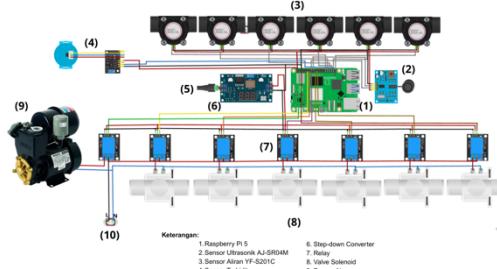
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Implementasi Sistem

a. Hardware

Dalam penelitian ini, sistem distribusi air dibangun dengan beberapa komponen perangkat keras yang saling terintegrasi untuk mengoptimalkan pengelolaan air dalam tandon. Berikut adalah perangkat keras yang digunakan dalam implementasi sistem:



Gambar 1. Desain Hardware

(Sumber: Data Penelitian)

1) *Raspberry PI 5*

Raspberry PI 5 berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang mengolah data dari sensor dan mengendalikan perangkat aktuator, seperti pompa dan katup solenoid, untuk memastikan keseimbangan volume air dalam tandon dan distribusi air yang efisien.



Gambar 2. *Raspberry PI 5*

(Sumber: Data Penelitian)

Integrasi *Raspberry PI* 5 dengan sensor sempat menghadapi kendala dalam penyinkronan data real-time. Namun, pengaturan ulang komunikasi antar komponen berhasil mengatasi masalah ini, memungkinkan sistem berjalan dengan baik.

2) Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik dipasang di atas tandon untuk mengukur ketinggian permukaan air secara periodik. Sensor ini sangat penting dalam memastikan volume air tetap seimbang dalam tandon.



Gambar 3. Sensor Ultrasonik

(Sumber: Data Penelitian)

Sensor memberikan hasil yang sangat akurat dengan deviasi ± 2 cm pada berbagai tingkat ketinggian, yang memungkinkan pengendalian pompa otomatis untuk menjaga volume air yang sesuai.

3) Water Flow Sensor

Sensor ini mengukur debit aliran air yang masuk dan keluar dari tandon, memberikan data *real-time* yang berguna untuk mengatur distribusi air.



Gambar 4. Water Flow Sensor

(Sumber: Data Penelitian)

Sensor menunjukkan deviasi rata-rata $\pm 0,2$ L/min, yang mendukung pengaturan distribusi air yang efisien sesuai dengan kebutuhan.

4) Valve Solenoid

Valve solenoid digunakan untuk mengatur aliran air ke saluran distribusi atau pembuangan. Ketika Raspberry Pi menerima sinyal dari sensor yang menunjukkan kualitas air baik, katup akan terbuka untuk mengalirkan air ke saluran distribusi. Sebaliknya, jika sensor turbidity mendeteksi air keruh, valve akan menutup saluran distribusi dan membuka saluran pembuangan untuk membuang air yang keruh.



Gambar 5. Valve Solenoid

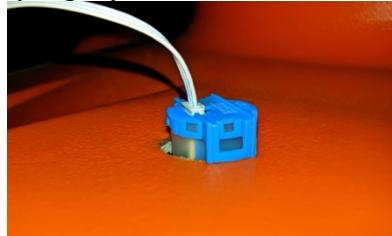
(Sumber: Data Penelitian)

Pengujian *valve solenoid* menunjukkan bahwa perangkat ini dapat merespons sinyal dari sensor turbidity dengan akurat. Saat sensor mendeteksi air berkualitas baik (tidak keruh), valve terbuka untuk mengalirkan air ke saluran distribusi. Sebaliknya, jika sensor mendeteksi air keruh, valve langsung menutup saluran

distribusi dan membuka saluran pembuangan untuk membuang air yang tidak layak. Proses ini berlangsung dalam waktu singkat, memastikan distribusi air yang efisien dan menjaga kualitas air yang didistribusikan.

5) Turbidity Sensor

Sensor kekeruhan ini dipasang untuk memastikan bahwa air yang didistribusikan memenuhi standar kualitas yang layak dikonsumsi.



Gambar 6. *Turbidity Sensor*

(Sumber: Data Penelitian)

Sensor ini dapat mendeteksi kondisi air dengan cepat dan tepat, sehingga memungkinkan distribusi air dihentikan otomatis jika kualitas air tidak memenuhi syarat.

6) Relay

Modul relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang mengontrol nyala mati pompa dan katup solenoid berdasarkan perintah dari *Raspberry PI 5*.



Gambar 7. *Relay*

(Sumber: Data Penelitian)

7) Catu daya

Menyediakan suplai listrik stabil untuk seluruh komponen perangkat keras agar beroperasi dengan baik.



Gambar 8. Catu Daya

(Sumber: Data Penelitian)

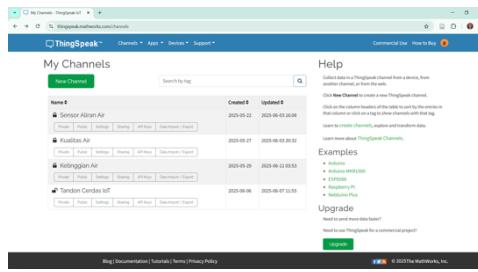
b. Software

Untuk mengelola dan mengontrol perangkat keras dalam sistem distribusi air ini, perangkat lunak yang digunakan terdiri dari beberapa platform yang bekerja sama untuk memastikan pengelolaan air berjalan otomatis, efisien, dan fleksibel. Berikut adalah penjelasan mendalam mengenai implementasi perangkat lunak dalam sistem ini:

1) *ThingSpeak*

ThingSpeak adalah platform berbasis cloud yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis data sensor secara real-time. Sistem ini memanfaatkan

ThingSpeak untuk menerima data dari sensor yang dipasang pada tandon air, seperti sensor ketinggian air dan sensor kekeruhan air.



Gambar 9. ThingSpeak
(Sumber : Data Penelitian)

2) Telegram

Telegram Bot digunakan untuk memberikan notifikasi otomatis kepada pengguna mengenai perubahan kondisi dalam sistem distribusi air. Ketika sistem mendeteksi kondisi penting, seperti kekeruhan air yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan atau pompa air yang diaktifkan, *Telegram Bot* akan mengirimkan pemberitahuan kepada pengguna secara langsung. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk segera mengetahui kondisi kritis tanpa harus terus-menerus membuka aplikasi monitoring.

a) Membuat Telegram Bot

1. Buka aplikasi Telegram, lalu cari bot bernama BotFather.
2. Ketik perintah /newbot
3. Ikuti instruksi untuk Memberi nama bot (Pengisian Tandon, Pengurasan Tandon, Peringatan Kebocoran Tandon).Memberi username bot (PengisianTandonbot,PengurasanTandonbot,PeringatanKebocoranTandonbot).
4. Setelah selesai, BotFather akan memberikan BOT_TOKEN, contoh:
123456789:ABCdefGHijklMNOpqrSTUvwxyz
5. Simpan BOT_TOKEN ini karena akan digunakan pada kode *Raspberry pi*.

b) Membuat Grup Telegram Dan Mendapatkan Chat ID

1. Buat grup baru di Telegram.
2. Tambahkan anggota yang ingin menerima notifikasi.
3. Tambahkan bot yang sudah dibuat (bukan BotFather) ke grup tersebut.
4. Jadikan bot sebagai admin grup.
5. Kirim pesan apa saja di grup (contoh: tes).
Buka browser dan masukkan URL berikut (ganti <BOT_TOKEN> dengan token bot Anda):
https://api.telegram.org/bot<BOT_TOKEN>/getUpdates
6. Akan muncul data dalam format **JSON**. Cari bagian berikut:

```
"chat": {  
    "id": -1002748992180,  
    "title": "Nama Grup",  
    "type": "supergroup"  
}
```
7. Nilai id (contoh: -1002748992180) adalah Chat ID grup. Simpan nilai ini.

Pengujian Sistem

a. Hardware

1) Sensor Ultrasonik

Pada tahap pengujian sistem, pengukuran ketinggian air dalam tandon dilakukan dengan menggunakan meteran sebagai acuan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Tabel 1. Hasil Pengujian Manual Sensor Ultrasonik

No	Hasil Ukur Meteran	Hasil Sensor Ultrasonik	Selisih	Keterangan
1	100 cm	100 cm	0	Akurat
2	90 cm	90 cm	0	Akurat
3	80 cm	80 cm	0	Akurat
4	70 cm	70 cm	0	Akurat
5	60 cm	60 cm	0	Akurat
6	50 cm	50 cm	0	Akurat
7	40 cm	40 cm	0	Akurat
8	30	30 cm	0	Akurat
9	20	20 cm	0	Akurat
10	10	10 cm	0	Akurat

Sumber : Data penelitian

Tabel 2. Hasil Pengujian Penggunaan Air Pada Tandon

No	Tanggal	Waktu	Air (cm)	Status Tandon	Kondisi Mesin	Total Air (Liter)
1	1/6/2025	06:00	100	Penuh	Off	984
2	1/6/2025	07:33	50	Setengah	On	492
3	1/6/2025	08:06	100	Penuh	Off	984
4	1/6/2025	08:35	50	Setengah	On	492
5	1/6/2025	16:00	100	Penuh	Off	984
6	1/6/2025	16:33	50	Setengah	On	492
7	2/6/2025	06:30	100	Penuh	Off	984
8	2/6/2025	07:03	50	Setengah	On	492
9	2/6/2025	16:00	100	Penuh	Off	984
10	2/6/2025	16:33	50	Setengah	On	492

Sumber : Data penelitian

Tabel ini menampilkan hasil pengujian penggunaan sensor ultrasonik dalam memantau ketinggian air di tandon serta mengatur waktu operasional pompa air secara otomatis. Pengujian dilakukan pada tanggal 10 Mei, 14 Mei, dan 25 Juni 2025 dengan variasi ketinggian air awal yaitu 100 cm dan 50 cm. Nilai 100 cm menunjukkan tandon dalam keadaan kosong, sementara 0 cm menandakan tandon telah terisi penuh.

2) Sensor Aliran Air (*Flow Sensor*)

Water flow sensor digunakan untuk mengukur debit air yang mengalir baik saat proses pengisian ke dalam tandon maupun saat distribusi air ke berbagai titik pemakaian. Pada sistem ini, digunakan enam sensor (S1–S6) yang masing-masing memiliki fungsi berbeda. Sensor S1 ditempatkan pada jalur masuk air dari pompa ke tandon, sementara sensor S2 hingga S6 ditempatkan pada jalur distribusi air keluar ke lima titik yang berbeda, seperti rumah atau saluran penggunaan lainnya.

Tabel 3. Pengujian Water Flow Sensor

No	Tanggal	Sensor (S1–S6)	Volume Air (Liter)	Waktu Pengisian (menit)	Debit Air (L/menit)
1	10 Mei 2025	S1	984	59,07	16,93
2	10 Mei 2025	S2	210	13,0	16,15
3	10 Mei 2025	S3	190	11,5	16,52
4	14 Mei 2025	S4	190	12,7	15,75
5	25 Juni 2025	S5	210	13,3	15,79
6	25 Juni 2025	S6	180	11,4	16,67

Sumber : Data penelitian

Tabel 3 menunjukkan hasil uji water flow sensor pada sistem distribusi air tandon berkapasitas 984 liter yang dialirkan melalui jalur masuk (S1) dan didistribusikan ke lima jalur (S2–S6). Setiap sensor mencatat volume dan durasi aliran, dengan hasil bahwa debit tiap jalur relatif stabil namun bervariasi kecil pada kisaran 15,75–16,67 L/menit. Volume air yang keluar tidak melebihi kapasitas tandon, membuktikan sensor

bekerja akurat dan efisien. Sistem ini mampu memantau aliran real-time, menjaga kestabilan suplai air, serta mendukung pengelolaan distribusi yang terukur.

3) Sensor Kekeruhan (*Turbidity*)

Pengujian sensor dilakukan dengan menggunakan sampel air dalam dua kondisi: air keruh dan air jernih. Sensor kekeruhan berhasil mendeteksi tingkat kekeruhan air dengan akurat. Sistem ini mengatur distribusi air berdasarkan nilai kekeruhan yang terdeteksi. Jika nilai kekeruhan air berada di bawah 5 NTU, yang menandakan bahwa air tersebut jernih, distribusi air tetap berjalan. Sebaliknya, jika nilai kekeruhan melebihi 5 NTU, yang menunjukkan bahwa air tersebut keruh, distribusi air dihentikan secara otomatis untuk menjaga kualitas air yang didistribusikan.

Tabel 4. Pengujian Sensor Kekeruhan

No	Sampel Air	Nilai NTU	Keran Distribusi	Keran Pembuangan
1	Air sangat jernih	< 1	Aktif	Nonaktif
2	Air jernih	1 – 5	Aktif	Nonaktif
3	Air sedikit keruh	> 5 – 25	Nonaktif	Aktif
4	Air keruh	> 25 – 100	Nonaktif	Aktif
5	Air sangat keruh	> 100	Nonaktif	Aktif

Sumber : Data penelitian

Tabel 4 menampilkan hasil pengujian sensor kekeruhan (*turbidity sensor*) untuk menentukan kelayakan air berdasarkan nilai NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Pengukuran dilakukan terhadap lima sampel air dengan tingkat kejernihan yang berbeda-beda.

Sistem dirancang agar distribusi air hanya aktif ketika nilai NTU berada di bawah atau sama dengan 5, yang menandakan air dalam kondisi jernih dan layak dikonsumsi. Jika nilai NTU melebihi 5, maka distribusi otomatis dihentikan valve selenoid menutup ditribusi karena kualitas air dianggap menurun dan tidak aman. Dari hasil pengujian, Air dengan NTU < 1 dinyatakan sangat jernih dan sangat layak konsumsi. Air dengan NTU 1–5 masih dalam batas aman dan valve selenoid membuka distribusi tetap aktif. Air dengan NTU di atas 5 (baik sedikit keruh, keruh, hingga sangat keruh) membuat sistem otomatis mematikan distribusi demi menjaga keamanan pengguna.

Sistem ini menunjukkan bahwa sensor kekeruhan mampu membaca kualitas air secara akurat dan memberikan kontrol otomatis terhadap distribusi air, menjadikan sistem lebih cerdas dan responsif terhadap perubahan kualitas air secara real-time.

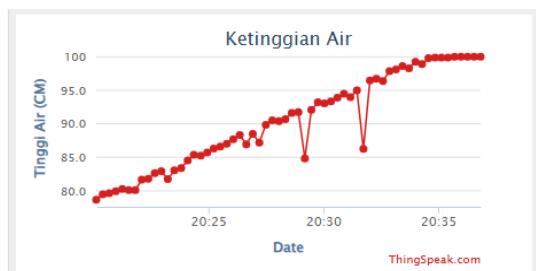
b. Pengujian Software

1) *ThingSpeak*

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan *ThingSpeak* dalam menerima, menampilkan, dan memvisualisasikan data secara real-time dari sistem monitoring tandon air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *ThingSpeak* dapat menerima input data dari berbagai sensor dengan baik, serta menyajikannya dalam bentuk grafik yang informatif. Data yang ditampilkan mencakup parameter ketinggian air, aliran air (*flow rate*), dan tingkat kekeruhan air (*turbidity*), yang semuanya diperbarui secara berkala sesuai interval pengiriman data dari mikrokontroler.

Visualisasi data pada *ThingSpeak* terbukti efektif dalam memberikan gambaran kondisi tandon air dan distribusi air secara langsung kepada pengguna. Pengguna dapat dengan mudah memantau dan mengambil keputusan berbasis data melalui tampilan grafis yang tersedia.

Selain itu, dilakukan pula uji beban (*load testing*) untuk mengamati performa *ThingSpeak* ketika jumlah sensor ditingkatkan. Hasil uji menunjukkan bahwa *ThingSpeak* tetap mampu menangani peningkatan volume data secara stabil, tanpa adanya keterlambatan (*lag*) atau kegagalan dalam proses pengumpulan dan pemrosesan data.



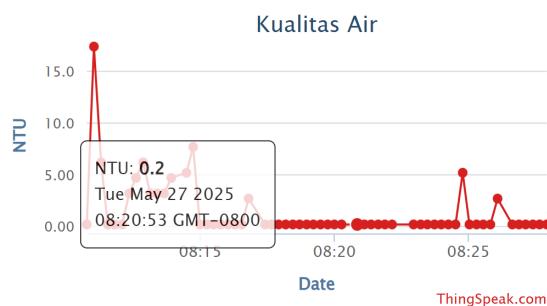
Gambar 10. Grafik ketinggian Air

(Sumber: Data penelitian)

Grafik Gambar 10 yang ditampilkan menunjukkan pengukuran ketinggian air dalam satuan sentimeter (cm) pada interval waktu tertentu. Secara umum, grafik ini menggambarkan kecenderungan ketinggian air yang meningkat seiring berjalannya waktu, yang bisa menunjukkan adanya aliran atau penambahan volume air dalam sistem tersebut. Kenaikan ketinggian yang relatif stabil ini bisa diartikan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan tujuan, seperti pengisian atau pengaliran air.

Namun, grafik ini juga menunjukkan fluktuasi yang terlihat pada beberapa titik waktu, terutama sekitar pukul 20:30, 20:33, dan 20:35, di mana terdapat penurunan mendadak dalam ketinggian air. Penurunan ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kesalahan pengukuran, gangguan pada sistem sensor, atau perubahan mendadak dalam aliran air. Fluktuasi seperti ini perlu dianalisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab pastinya dan memastikan bahwa sistem berfungsi dengan optimal.

Secara keseluruhan, grafik ini memberikan gambaran yang berguna mengenai dinamika perubahan ketinggian air, yang dapat dijadikan sebagai dasar untuk evaluasi lebih lanjut dalam penelitian ini. Fluktuasi dan kecenderungan kenaikan yang tercatat pada grafik ini dapat memberikan insight terkait kestabilan dan kinerja sistem pengukuran atau distribusi air yang digunakan.



Gambar 11. Grafik kekeruhan Air

(Sumber : Data penelitian)

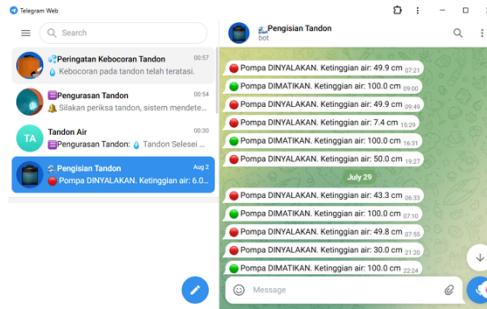
Grafik Gambar 11 memperlihatkan pengukuran kualitas air berdasarkan nilai NTU. Pada pukul 08:15–08:20, NTU tercatat sangat rendah sehingga kualitas air baik dengan kekeruhan minimal. Namun, sekitar pukul 08:20–08:25 terjadi lonjakan lebih dari 10 NTU, menandakan peningkatan kekeruhan signifikan yang bisa disebabkan pencemaran sementara atau gangguan sistem pengolahan. Setelah itu, nilai NTU kembali menurun dan stabil pada angka rendah. Grafik ini menunjukkan pentingnya pemantauan real-time untuk mendeteksi fluktuasi kualitas air serta menjaga stabilitas dan konsistensinya dalam sistem distribusi maupun pengolahan.

2) Notifikasi Telegram

Fitur notifikasi otomatis dengan Telegram Bot berhasil diuji melalui simulasi berbagai kondisi, termasuk perubahan kualitas air dan status pompa. Hasil uji menunjukkan notifikasi terkirim cepat dan akurat ke pengguna dengan rata-rata waktu kurang dari 3 detik setelah sensor mendeteksi perubahan. Pesan yang diterima berisi informasi jelas, sehingga memudahkan pengguna memantau kondisi tanpa membuka platform monitoring. Keberhasilan ini meningkatkan efektivitas pengawasan distribusi air secara

real-time, mengurangi pengecekan manual, dan mendukung pengambilan keputusan lebih cepat.

a. Pemberitahuan Pengisian Tandon



Gambar 12. Pemberitahuan Pengisian Tandon

(Sumber : Data penelitian)

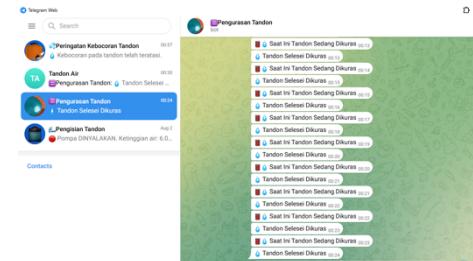
Pengujian sistem monitoring tandon dilakukan dengan mengamati notifikasi bot Pengisian Tandon melalui Telegram. Setiap perubahan status pompa (*DINYALAKAN* atau *DIMATIKAN*) dikirim bersama informasi ketinggian air secara real-time. Uji dilakukan dengan memicu kondisi batas bawah dan batas atas, hasilnya notifikasi terkirim tepat waktu dan akurat sesuai deteksi sensor. Disimpulkan bahwa fitur notifikasi berfungsi baik, mampu memberi informasi cepat, dan sesuai logika kontrol yang diprogram.

Tabel 5. Pemberitahuan Pengisian Tandon

Tanggal	Waktu	Status Pompa	Air cm	Hasil Uji	Keterangan
29 Juli	06:33	On	50	Berhasil	Notifikasi sesuai
29 Juli	07:20	Off	100	Berhasil	Notifikasi sesuai
29 Juli	21:00	On	50	Berhasil	Notifikasi sesuai
29 Juli	22:24	Off	100	Berhasil	Notifikasi sesuai
2 Agustus	07:21	On	50	Berhasil	Notifikasi sesuai
2 Agustus	09:00	Off	100	Berhasil	Notifikasi sesuai

Sumber : Data Penelitian

b. Pemberitahuan Pengurasan Tandon



Gambar 13. Pemberitahuan Pengurasan Tandon

(Sumber : Data penelitian)

Pengujian fitur pengurasan tandon dilakukan pada 7 Agustus 2025 pukul 07:33–08:38 untuk memastikan notifikasi terkirim sesuai kondisi lapangan melalui Telegram bot. Sistem menampilkan dua jenis pesan: “*Saat ini Tandon Sedang Dikuras*” saat proses dimulai dan “*Tandon Selesai Dikuras*” saat selesai. Hasil uji menunjukkan setiap perubahan status terdeteksi tepat waktu, notifikasi terkirim tanpa jeda, dan sesuai urutan kondisi nyata. Sistem terbukti mampu memberikan informasi cepat dan akurat sehingga memudahkan pengguna memantau proses pengurasan tanpa hadir langsung di lokasi.

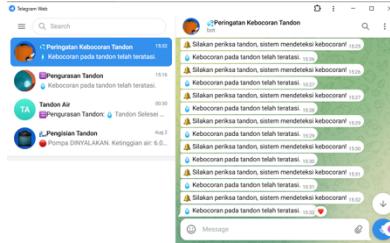
Tabel 6. Pemberitahuan Pengurasan Tandon

Waktu	Status Notifikasi	Hasil Uji
07:33	Saat ini Tandon Sedang Dikuras	Berhasil
07:38	Tandon Selesai Dikuras	Berhasil
07:43	Saat ini Tandon Sedang Dikuras	Berhasil

Waktu	Status Notifikasi	Hasil Uji
07:48	Tandon Selesai Dikuras	Berhasil
07:53	Saat ini Tandon Sedang Dikuras	Berhasil
07:58	Tandon Selesai Dikuras	Berhasil

Sumber : Data Penelitian

c. Pemberitahuan Kebocoran Tandon



Gambar 14. Pemberitahuan Kebocoran Tandon

(Sumber : Data penelitian)

Pengujian fitur peringatan kebocoran tandon dilakukan untuk memastikan sistem mampu mendeteksi penurunan air yang tidak normal dan mengirim notifikasi real-time melalui Telegram. Dalam simulasi kebocoran, sistem berhasil memicu peringatan berulang untuk menguji keandalan. Setelah kebocoran teratasi, sistem otomatis mengirim pesan status normal dengan ikon tetesan air biru. Hasil pengujian menunjukkan notifikasi terkirim tepat waktu sesuai kondisi sebenarnya, membuktikan fitur bekerja dengan baik, responsif, dan membantu pengguna mengambil tindakan cepat.

Tabel 7. Pemberitahuan Pengurasan Tandon

Waktu	Status Notifikasi	Hasil Uji
15:25	Silakan periksa tandon, sistem mendeteksi kebocoran! (⚠)	Berhasil
15:26	Kebocoran pada tandon telah teratasi (💧)	Berhasil
15:27	Silakan periksa tandon, sistem mendeteksi kebocoran! (⚠)	Berhasil
15:28	Kebocoran pada tandon telah teratasi (💧)	Berhasil
15:29	Silakan periksa tandon, sistem mendeteksi kebocoran! (⚠)	Berhasil

Sumber : Data Penelitian

Evaluasi

Tahap evaluasi bertujuan untuk menilai kinerja sistem distribusi air berbasis *Internet of Things (IoT)* setelah diimplementasikan pada lingkungan perumahan masyarakat. Perangkat seperti pompa air dan valve solenoid merespons perintah secara otomatis berdasarkan hasil pembacaan sensor. Ketika air dalam tandon berada di bawah ambang batas, pompa menyala secara otomatis. Saat kualitas air buruk (nilai kekeruhan ≥ 5 NTU), sistem langsung menutup saluran distribusi dan membuka saluran pembuangan.

Sistem memberikan notifikasi otomatis kepada pengguna melalui Telegram ketika terjadi kondisi penting seperti pompa aktif, pompa nonaktif, air keruh, dan air jernih. Hal ini memberikan kemudahan bagi pengguna untuk merespons tanpa harus melakukan pemantauan secara manual.

Secara keseluruhan, sistem distribusi air berbasis *IoT* yang dikembangkan telah berjalan dengan baik dalam menjaga keseimbangan volume air, menjamin kualitas air yang didistribusikan, serta memberikan kemudahan monitoring dan pengendalian secara real-time. Evaluasi ini juga menunjukkan bahwa sistem berpotensi untuk diadopsi secara lebih luas di lingkungan masyarakat sebagai solusi pengelolaan air yang efisien dan cerdas.

Analisis Sitem

a. Analisis Sistem Pengisian Air Pada Tandona

Analisis dilakukan terhadap sistem pengisian dan distribusi air tandon berbasis Sistem Cerdas dan IoT untuk menilai efektivitas dalam menjaga keseimbangan volume air dan

efisiensi distribusi ke perumahan. Sistem dirancang mengisi air otomatis sesuai kebutuhan, mencegah pemborosan, dan menjamin ketersediaan air. Dengan pemantauan real-time, IoT menyediakan data akurat terkait volume dan distribusi. Hasil pengujian ditampilkan dalam tabel yang mencatat durasi mesin On/Off, volume air terisi, serta kondisi mesin pada tiap sesi, sebagai dasar evaluasi kinerja sistem.

Tabel 8. Analisis Penggunaan Air pada Tandon

No	Waktu On	Waktu Off	Durasi Waktu (Menit)	Isi Tandon (cm)	Kubik (Liter)	Keterangan
1	06:00	07:33	33	50	492	Pengisian Air
2	07:33	08:06	33	100	984	Distribusi
3	08:06	08:35	29	50	492	Pengisian Air
4	08:35	09:08	33	100	984	Distribusi
5	09:08	09:41	33	50	492	Pengisian Air
6	09:41	10:14	29	100	984	Distribusi
7	10:14	10:43	33	50	492	Pengisian Air
8	10:43	11:16	29	100	984	Distribusi
9	11:16	11:45	33	50	492	Pengisian Air
10	11:45	12:18	29	100	984	Distribusi

Sumber : Data penelitian

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa sistem pengisian air beroperasi dalam siklus yang teratur antara pengisian dan distribusi. Setiap sesi pengisian berlangsung selama 29 hingga 33 menit, dengan volume air yang terisi bervariasi antara 492 hingga 984 liter. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat menyesuaikan diri dengan kebutuhan distribusi air yang berbeda-beda, sehingga dapat menjaga keseimbangan volume air dalam tandon.

Analisis ini memberikan wawasan yang berharga mengenai efisiensi sistem pengisian otomatis dan potensi penghematan air yang dapat dicapai melalui penerapan teknologi IoT dalam manajemen sumber daya air. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya meningkatkan ketersediaan air, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan.

b. Kualitas Air Pada Tandon

Analisis sistem pengujian kualitas air yang diterapkan untuk memastikan air yang didistribusikan ke perumahan masyarakat memenuhi standar kesehatan dan kualitas yang diperlukan. Sistem ini menggunakan pengukuran NTU (Nephelometric Turbidity Unit) untuk menentukan tingkat kejernihan air dan menyesuaikan distribusi air berdasarkan hasil uji tersebut. Sistem secara otomatis menonaktifkan distribusi jika kualitas air tidak memenuhi standar yang ditetapkan dan hanya mengalirkan air yang sudah teruji layak konsumsi.

air dengan nilai $NTU < 5$ dianggap layak konsumsi setelah dilakukan pengolahan dasar, karena kekeruhan yang rendah menunjukkan kualitas air yang baik dan bebas dari partikel berbahaya. Sebaliknya, air dengan NTU lebih tinggi dari 5 memerlukan pengolahan lebih lanjut, seperti filtrasi, untuk memastikan bahwa air yang didistribusikan aman untuk dikonsumsi. Oleh karena itu, sistem ini secara otomatis memantau kualitas air dan menyesuaikan distribusinya untuk memastikan hanya air yang memenuhi standar kualitas yang layak konsumsi yang didistribusikan.

Tabel 9. Analisis Kekeruhan Air

No	Kategori Kekeruhan	NTU (Nilai Kekeruhan)	Aksi Sistem
1	Sangat Keruh	NTU > 25	Distribusi Dinonaktifkan; filterasi diperlukan
2	Keruh	NTU 10 – 25	Distribusi Dinonaktifkan; proses filtrasi intensif diperlukan
3	Sedang Keruh	NTU 5 – 10	Distribusi Dinonaktifkan jika NTU > 5; dapat diproses lebih lanjut
4	Jernih	NTU 1 – 5	Distribusi Aktif; air dinyatakan layak konsumsi
5	Jernih Sekali	NTU < 1	Distribusi Aktif; air sangat layak konsumsi

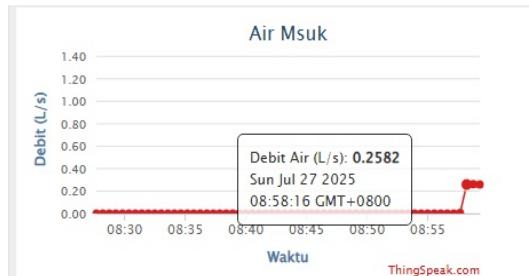
Sumber : Data penelitian

Sistem distribusi air ini menggunakan pengukuran NTU untuk menyesuaikan kualitas air. Air dengan NTU > 25 (sangat keruh) dan NTU 10–25 (keruh) akan dinonaktifkan distribusinya karena tidak layak konsumsi langsung dan memerlukan filtrasi. Pada kategori sedang keruh (NTU 5–10), distribusi dihentikan jika nilai NTU > 5 karena tetap butuh pengolahan. Air jernih (NTU 1–5) dinyatakan layak konsumsi sehingga distribusi tetap aktif, begitu pula air dengan NTU < 1 (sangat jernih) yang langsung dapat digunakan tanpa pengolahan. Sistem ini secara otomatis memantau nilai NTU dan menyesuaikan distribusi, memastikan air yang diterima masyarakat memenuhi standar aman. Dengan dukungan teknologi Sistem Cerdas dan IoT, pengelolaan kualitas air menjadi lebih efisien, terkontrol, dan aman.

c. Debit Air

Analisis sistem ini dilakukan untuk melihat bagaimana kinerja jalur distribusi air dalam kondisi sebenarnya. Pada sistem yang dirancang, jalur suplai air masuk hanya satu, sedangkan jalur distribusi keluar terbagi menjadi lima keran. Pemantauan aliran air dilakukan menggunakan sensor YF-S201 yang mencatat kecepatan air yang masuk ke tandon dan juga yang keluar ke jalur distribusi. Semua data ini ditampilkan secara real-time melalui platform *ThingSpeak*, sehingga bisa langsung dipantau kapan saja.

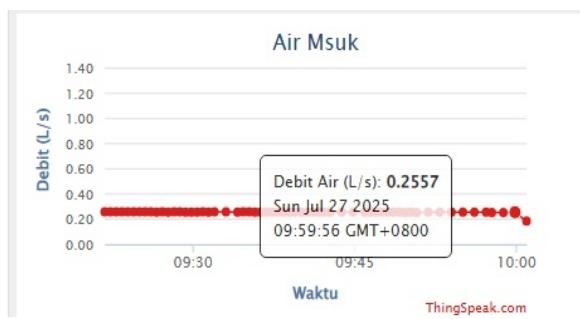
1) Debit Air Masuk



Gambar 15. Grafik Kecepatan Debit Air Masuk

(Sumber : Data Penelitian)

Grafik menunjukkan pemantauan debit air masuk ke tandon melalui *ThingSpeak*. Dari pukul 08:30 hingga 08:58, titik data berada mendekati nol, menandakan tidak ada aliran karena level air masih cukup dan pompa belum aktif. Pada pukul 08:58:16 terjadi lonjakan debit hingga 0,2582 L/s, menandakan pompa otomatis menyala setelah sensor ultrasonik mendeteksi air melewati ambang batas bawah. Setelah itu, titik data tetap naik dengan pola stabil, membuktikan sistem bekerja sesuai logika: responsif saat dibutuhkan, konsisten dalam suplai, dan mampu menjaga keseimbangan air secara otomatis.



Gambar 16. Grafik Kecepatan Debit Air Masuk

(Sumber : Data penelitian)

Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan keberhasilan sistem dalam menjaga kestabilan debit air masuk serta respons otomatis terhadap kondisi volume tandon. Hal ini membuktikan bahwa sistem pengendali berbasis *IoT* yang dibangun benar-benar mampu beradaptasi terhadap kondisi di lapangan dan menjaga keseimbangan volume air secara real-time.

Tabel 10. Debit Air Masuk

No	Waktu (HH:MM:SS)	Debit Air (L/s)	Keterangan
1	08:30 – 08:58	~0.0000	Sistem siaga, tidak ada aliran masuk
2	08:58:16	0.2582	Pompa aktif otomatis, debit melonjak
3	09:30 – 09:59	~0.2500 – 0.2600	Suplai stabil, rata-rata 0.25 L/s
4	09:59:56	0.2557	Debit menjelang akhir pengisian
5	10:00 – selesai	Menurun bertahap	Sistem mengurangi debit saat tandon hampir penuh

Sumber : Data Penelitian

2) Debit Air Satu Keran Terbuka**Gambar 17. Grafik – Satu Keran Terbuka (Mulai)**
(Sumber : Data Penelitian)

Grafik menunjukkan aliran air saat satu keran dibuka dengan pengamatan mulai pukul 19:44. Awalnya debit nol karena keran masih tertutup, lalu beberapa detik setelah dibuka debit naik bertahap hingga stabil di kisaran 0,2 L/s sejak pukul 19:46. Pola titik data yang sejajar menandakan aliran stabil dan tekanan tandon terjaga. Hingga pukul 19:48, debit tetap konsisten tanpa gangguan. Secara keseluruhan, sistem distribusi otomatis terbukti bekerja baik, mampu menyalurkan air dengan debit stabil sesuai desain pengendalian.

**Gambar 18. Grafik – Satu Keran Terbuka (Berhenti)**
(Sumber : Data Penelitian)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa aliran air pada satu keran awalnya stabil di kisaran 0,2 L/s dari pukul 20:50 hingga 21:10. Setelah itu, debit perlahan menurun seiring berkurangnya volume air dalam tandon, hingga mencapai 0,1307 L/s pada pukul 21:13:49. Penurunan debit dan penyebaran titik merah pada grafik mengindikasikan suplai air semakin berkurang hingga sistem otomatis berhenti saat tandon kosong. Keseluruhan hasil ini membuktikan bahwa sistem distribusi mampu menjaga kestabilan debit saat suplai cukup, menyesuaikan output ketika air menipis, serta secara otomatis menghentikan aliran untuk mencegah kerusakan pompa. Dengan demikian, pengujian distribusi pada satu keran dinyatakan berhasil dari awal hingga akhir.

Tabel 11. Debit Air – Satu Keran Terbuka

No.	Waktu	Kondisi Sistem	Debit Air (L/s)	Keterangan
1	$\pm 19:44$	Keran masih tertutup	0.000	Belum ada aliran, sistem belum aktif
2	$\pm 19:45$	Awal keran dibuka	0.1 – 0.2	Debit mulai meningkat seiring

No.	Waktu	Kondisi Sistem	Debit Air (L/s)	Keterangan
3	19:46 19:48	– Aliran stabil	~0.2	Debit air konstan, sistem bekerja normal
4	20:50 21:10	Distribusi lanjut	~0.2	Debit tetap stabil, menandakan suplai air masih mencukupi
5	21:10 21:13	Volume tandon mulai menipis	Turun bertahap	Debit mulai menurun karena suplai berkurang
6	21:13:49	Tandon hampir kosong	0.1307	Titik debit terendah sebelum suplai berhenti
7	Setelah 21:14	Tandon kosong, distribusi berhenti	~0.0	Sistem berhenti otomatis karena air dalam tandon sudah habis

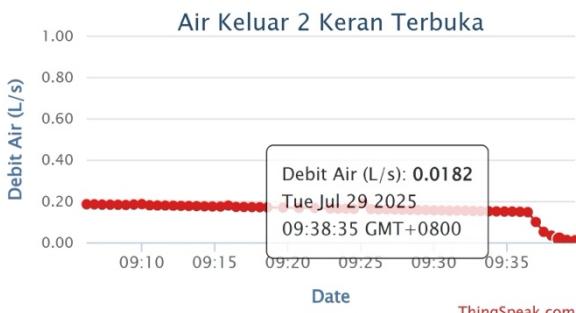
Sumber : Data penelitian

3) Debit Air Dua Keran Terbuka



Gambar 19. Grafik – Dua Keran Terbuka (Mulai)
(Sumber : Data Penelitian)

Grafik ini menunjukkan awal distribusi air melalui dua keran. Pada awalnya, debit masih nol karena aliran belum terbentuk. Beberapa saat kemudian, titik-titik merah naik perlahan, menandakan sistem mulai menyalurkan air secara bertahap hingga mencapai puncak 0,2475 L/s pada pukul 08:17:38. Pola kenaikan yang terkontrol ini membuktikan bahwa sistem bekerja responsif namun tetap menjaga kestabilan aliran, sehingga distribusi berlangsung lancar dan efisien.



Gambar 20. Grafik – Dua Keran Terbuka (Berhenti)
(Sumber : Data Penelitian)

Grafik ini menggambarkan akhir distribusi air melalui dua keran saat tandon mulai menipis. Awalnya, debit stabil di sekitar 0,2 L/s selama hampir 30 menit, lalu perlahan menurun menjelang pukul 09:30 hingga tersisa 0,0182 L/s pada pukul 09:38:35. Pola penurunan bertahap ini menunjukkan sistem mampu mengatur aliran dengan aman hingga berhenti, sekaligus memberikan sinyal bahwa tandon hampir kosong. Data yang terekam otomatis di ThingSpeak memudahkan pengguna memantau dan mengetahui kapan perlu ulang tanpa cek manual.

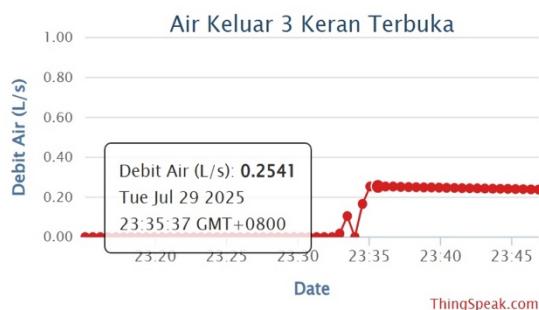
Tabel 12. Debit Air – Dua Keran Terbuka

No.	Waktu	Kondisi Sistem	Debit Air (L/s)	Keterangan
1	$\pm 08:15$	Sistem siaga / keran belum terbuka	0.000	Titik grafik berada di nol, belum ada aliran

No.	Waktu	Kondisi Sistem	Debit Air (L/s)	Keterangan
2	$\pm 08:16$	Awal pembukaan dua keran	Mulai naik	Sistem mulai aktif, debit meningkat bertahap
3	08:17:38	Debit maksimum tercapai	0.2475	Distribusi optimal, tekanan air dalam tandon masih baik
4	09:10 09:30	Distribusi stabil	~ 0.2	Debit air stabil, suplai dua keran lancar
5	Setelah 09:30	Volume tandon menipis	Turun bertahap	Debit perlakuan menurun, suplai mulai melemah
6	09:38:35	Menjelang tandon kosong	0.0182	Debit sangat kecil, aliran hampir berhenti
7	Setelah 09:39	Tandon kosong, sistem berhenti	~ 0.0	Aliran berhenti otomatis karena air dalam tandon habis

Sumber : Data Penelitian

4) Debit Air Tiga Keran Terbuka



Gambar 21. Grafik – Tiga Keran Terbuka (Mulai)

(Sumber : Data Penelitian)

Grafik ini menunjukkan fase awal pembukaan tiga keran, di mana aliran awal sempat dinamis dengan lonjakan kecil sebelum stabil. Setelah penyesuaian tekanan, debit tercatat 0,2541 L/s pada pukul 23:35:37, lalu stabil membentuk garis mendatar. Hal ini menggambarkan sistem berhasil menyeimbangkan distribusi, mirip kondisi keran yang sempat menyembur sebelum aliran normal akibat adanya sisa udara dalam pipa.



Gambar 22. Grafik – Tiga Keran Terbuka (Berhenti)

(Sumber : Data Penelitian)

Grafik kedua menunjukkan distribusi air melalui tiga keran yang awalnya stabil di sekitar 0,2 L/s selama lebih dari 30 menit, lalu menurun bertahap hingga 0,122 L/s pada pukul 00:51:28 seiring tandon mulai kosong. Penurunan debit terjadi perlakuan, bukan mendadak, menandakan sistem dirancang untuk menjaga aliran tetap aman hingga air benar-benar habis tanpa membebani pompa secara berlebihan.

Tabel 13. Debit Air – Tiga Keran Terbuka

No.	Waktu	Kondisi Sistem	Debit Air (L/s)	Keterangan
1	$\pm 23:34$	Keran baru dibuka / sistem siaga	0.000	Titik grafik di nol, belum ada aliran
2	$\pm 23:35$	Awal distribusi, aliran mulai terbaca	Fluktuatif	Terdapat lonjakan kecil akibat penyesuaian tekanan dan udara

dalam pipa				
3	23:35:37	Aliran stabil	0.2541	Debit maksimum tercapai, distribusi tiga keran berjalan baik
4	23:36 00:45	Distribusi stabil	~0.2	Debit konstan, tekanan air cukup, suplai dari tandon lancar
5	Setelah 00:45	Volume tandon mulai menipis	Turun bertahap	Debit mulai menurun seiring berkurangnya air dalam tandon
6	00:51:28	Menjelang tandon kosong	0.122	Debit sudah menurun signifikan, tekanan makin lemah
7	Setelah 00:52	Tandon kosong, aliran berhenti	~0.0	Sistem berhenti otomatis karena air dalam tandon benar-benar habis

Sumber : Data Penelitian

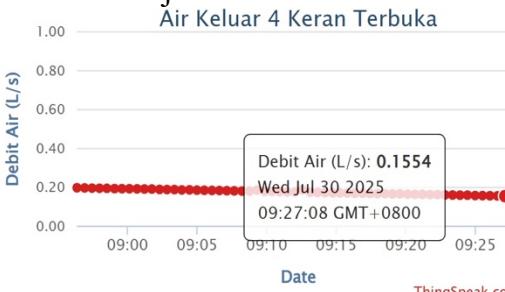
5) Debit Air Empat Keran Terbuka



Gambar 23. Grafik – Empat Keran Terbuka (Mulai)

(Sumber : Data Penelitian)

Grafik ini menunjukkan awal pembukaan empat keran, di mana aliran awalnya nol lalu perlahan meningkat hingga mencapai 0,2606 L/s pada pukul 08:10:02. Debit yang tinggi ini menandakan tekanan tandon masih kuat sehingga aliran langsung deras dan stabil. Kondisi tersebut menggambarkan respons cepat sistem serta akurasi sensor dalam menangkap perubahan aliran sejak awal distribusi.



Gambar 24. Grafik – Empat Keran Terbuka (Berhenti)

(Sumber : Data Penelitian)

Grafik kedua menunjukkan distribusi air keempat keran tetap stabil di awal dengan debit sekitar 0,2 L/s, namun perlahan menurun hingga 0,1554 L/s pada pukul 09:27:08 seiring tandon menipis. Penurunan debit berlangsung bertahap, bukan tiba-tiba, sehingga aliran terkontrol seperti keran yang ditutup perlahan. Hal ini mencerminkan logika kontrol sistem yang menjaga efisiensi dan keselamatan dengan mengurangi tekanan secara bertahap, sekaligus melindungi pompa dan komponen agar lebih awet.

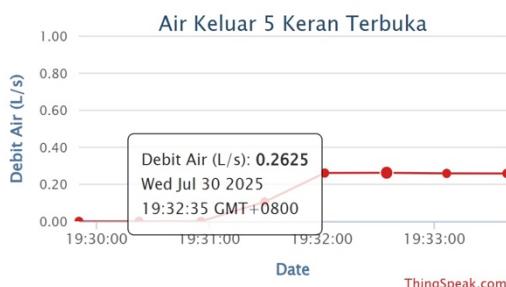
Tabel 14. Debit Air – Empat Keran Terbuka

No.	Waktu	Kondisi Sistem	Debit Air (L/s)	Keterangan
1	$\pm 08:08$	Sistem siaga / keran belum aktif	0.000	Titik grafik sejajar garis nol, belum ada aliran
2	$\pm 08:09$	Awal pembukaan empat keran	Mulai naik	Debit meningkat bertahap, sistem mulai menyalurkan air
3	08:10:02	Aliran stabil dan deras	0.2606	Debit tertinggi tercapai, tekanan air optimal
4	09:00 – 09:25	Distribusi stabil	~0.2	Debit konsisten, suplai air ke empat keran berjalan lancar

No.	Waktu	Kondisi Sistem	Debit (L/s)	Air	Keterangan
5	09:27:08	Volume tandon menipis	0.1554		Debit mulai menurun, tekanan perlahan melemah
6	Setelah 09:30	Menjelang tandon kosong	Turun bertahap		Titik-titik grafik mulai renggang dan mendekati nol
7	Akhir pengamatan	Tandon kosong, aliran berhenti	~0.0		Sistem berhenti otomatis karena air dalam tandon telah habis sepenuhnya

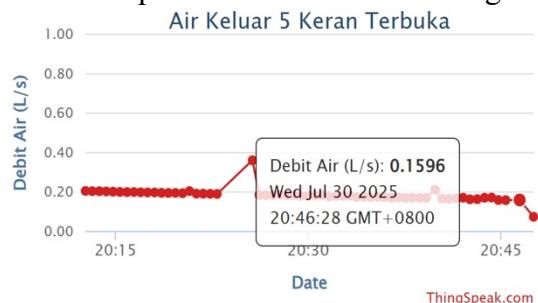
Sumber : Data Penelitian

6) Debit Air Lima Keran Terbuka



Gambar 25. Grafik – Lima Keran Terbuka (Mulai)
(Sumber : Data Penelitian)

Grafik ini menunjukkan respon awal saat lima keran pertama kali dibuka. Pada awalnya debit masih nol karena aliran belum terbentuk, lalu pada pukul 19:32:35 debit melonjak cepat ke 0,2625 L/s, menandakan tekanan tandon masih kuat. Setelah lonjakan, aliran segera stabil dan terbaca konsisten, memperlihatkan bahwa sistem distribusi bekerja lancar, responsif, serta sensor mampu merekam data debit dengan akurat sejak awal.



Gambar 26. Grafik – Lima Keran Terbuka (Berhenti)
(Sumber : Data Penelitian)

Grafik kedua menunjukkan distribusi air melalui lima keran tetap stabil dengan debit mendekati 0,2 L/s hingga sekitar pukul 20:30, meskipun tandon semakin menipis. Setelah pukul 20:46:28 debit turun ke 0,1596 L/s, menandakan volume air kritis, ditunjukkan dengan titik grafik mendekati garis nol. Terdapat sedikit fluktuasi akibat udara dalam pipa atau penyesuaian tekanan, namun secara keseluruhan sistem tetap mampu menjaga aliran stabil hingga mendekati habis, tanpa langsung memutus suplai air.

Tabel 15. Debit Air – Lima Keran Terbuka

No.	Waktu	Kondisi Sistem	Debit (L/s)	Air	Keterangan
1	$\pm 19:31$	Sistem siaga / belum aktif	0.000		Titik grafik di garis nol, keran belum mengalir
2	19:32:35	Awal aliran langsung deras	0.2625		Debit melonjak cepat, tekanan air tinggi, aliran langsung stabil
3	19:33 20:30	– Aliran stabil	~0.2		Sistem berhasil menjaga kestabilan debit lima keran
4	20:30 20:46	Volume tandon mulai menipis	Turun bertahap		Debit mulai menurun perlahan karena suplai mulai

					berkurang
5	20:46:28	Menjelang kosong	tandon	0.1596	Debit melemah, tekanan air makin rendah
6	Setelah 20:47	Akhir distribusi, tandon habis		~0.0	Sistem berhenti otomatis karena air dalam tandon benar-benar habis

Sumber : Data Penelitian

7) Debit Air Distribusi



Gambar 27. Grafik Distribusi Air 5 Keran Terbuka

(Sumber : Data Penelitian)

Pengaturan bukaan keran pada sudut 35 derajat terbukti efektif untuk menjaga kestabilan distribusi air, karena debit keluar (0,1775–0,1659 L/s) tetap lebih kecil dibanding debit masuk (0,2582 L/s), sehingga tandon tidak cepat kosong dan pompa tidak terbebani berlebihan. Selain itu, pembagian aliran menjadi lebih merata ke tiap jalur, mencegah perbedaan tekanan antar keran, serta menjaga sistem tetap efisien dan awet. Strategi ini memastikan air tetap mengalir lancar, tandon tetap terisi, dan distribusi air berjalan stabil serta seimbang sesuai tujuan rancangan.

Tabel 16. Debit Air Distribusi Lima Keran

No	Parameter	Nilai (L/s)	Keterangan
1	Debit Air Keluar (min)	0.1659	Aliran minimum saat 5 keran dibuka 35 derajat
2	Debit Air Keluar (max)	0.1775	Aliran maksimum, stabil dan terukur
3	Debit Air Masuk	0.2582	Debit suplai dari pompa ke tandon, lebih besar dari aliran keluar

Sumber : Data Penelitian

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem cerdas berbasis *Internet of Things* (*IoT*) untuk mengoptimalkan keseimbangan volume air dalam tandon serta efisiensi distribusi air pada lingkungan perumahan. Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang telah mampu memenuhi ketiga tujuan utama penelitian.

1. Optimalisasi Pengisian dan Pengeluaran Air dalam Tandon

Sistem berhasil mengendalikan proses pengisian air secara otomatis menggunakan pompa yang bekerja berdasarkan tinggi permukaan air yang dideteksi sensor ultrasonik. Pompa aktif saat air > 50 cm dan nonaktif saat tandon mencapai 0 cm. Hal ini memastikan bahwa suplai air ke tandon tetap dalam volume optimal dan menghindari kekosongan atau luapan.

2. Penyesuaian Pola Distribusi Berdasarkan Konsumsi dan Kondisi Real-Time

Sensor flow dipasang untuk mengukur debit air yang keluar menuju distribusi Air. Hasil pengujian menunjukkan sensor ini mampu membaca aliran dengan stabil, terutama setelah dilakukan penyesuaian pipa agar tekanan air lebih besar. Data dari flow sensor berfungsi untuk mencatat volume air yang dikonsumsi oleh masyarakat dan mendeteksi apabila terjadi aliran yang tidak wajar, misalnya kebocoran.

Distribusi air dapat dihentikan atau dikendalikan sesuai kebutuhan melalui valve solenoid, yang bekerja berdasarkan logika sistem. Jika terjadi kondisi air keruh atau konsumsi melebihi batas, sistem akan menutup distribusi untuk sementara. Hal ini membuktikan bahwa sistem dapat menyesuaikan pola distribusi secara otomatis berdasarkan data real-time, menjawab rumusan masalah kedua dalam penelitian.

3. Pengendalian Kualitas Air melalui Integrasi Sensor Kekeruhan

Sensor turbidity dipasang untuk memastikan bahwa air yang didistribusikan layak dikonsumsi. Berdasarkan pengujian, sistem akan menghentikan aliran ke rumah warga ketika nilai kekeruhan melebihi 5 NTU. Valve akan secara otomatis menutup saluran distribusi dan membuka saluran pembuangan untuk membuang air yang tidak layak.

Setelah dilakukan modifikasi berupa pelampung agar sensor tetap berada di permukaan air, sensor dapat bekerja secara maksimal dan menghasilkan data yang valid. Fitur ini menjawab tantangan kualitas air, di mana sebelumnya distribusi air dilakukan tanpa memperhatikan apakah air bersih atau tidak. Dengan integrasi sensor kualitas air, sistem menjadi lebih unggul dibandingkan sistem-sistem terdahulu yang hanya fokus pada kuantitas air.

4. Keandalan Notifikasi Real-Time dan Pemantauan Jarak Jauh

Sistem ini dilengkapi notifikasi otomatis menggunakan *Telegram Bot* dan pemantauan melalui platform *ThingSpeak*. Telegram memberikan informasi kepada pengguna setiap kali terjadi perubahan status penting, seperti pompa aktif, air penuh, atau kualitas air buruk. Sementara *ThingSpeak* menyajikan data sensor dalam bentuk grafik dan angka yang mudah dipantau dari perangkat apapun.

Kedua sistem ini berjalan secara real-time dan sangat membantu pengguna dalam memantau sistem tanpa harus hadir langsung di lokasi. Hal ini menambah nilai praktis sistem, sejalan dengan tujuan penggunaan teknologi *IoT* dalam kehidupan sehari-hari.

5. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu seperti sistem monitoring berbasis NodeMCU atau Blynk, sistem ini menawarkan peningkatan pada aspek kendali kualitas air dan otomatisasi penuh distribusi. Penelitian sebelumnya umumnya hanya memantau ketinggian air, tanpa mekanisme kontrol otomatis dan tanpa fitur penilaian kualitas air.

Penambahan sensor turbidity dan flow, serta kemampuan mengendalikan pompa dan valve secara otomatis, membuat sistem ini lebih lengkap dan sesuai dengan prinsip sistem cerdas berbasis *IoT*.

6. Asumsi dan Pendapat Penulis

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem distribusi air berbasis *Internet of Things (IoT)* yang telah dilakukan, penulis menyimpulkan bahwa sistem ini sangat efektif untuk diterapkan dalam skala kecil, khususnya pada lingkungan perumahan yang terdiri dari maksimal lima rumah tangga. Dalam skenario ini, sistem mampu menjaga keseimbangan volume air di tandon dengan baik, serta mendistribusikan air secara otomatis sesuai kebutuhan pengguna. Keakuratan sensor ultrasonik dan water flow sensor juga sangat mendukung kestabilan sistem, ditambah dengan notifikasi real-time melalui platform *ThingSpeak* dan *Telegram* yang mempermudah pemantauan dan pengambilan keputusan.

Namun demikian, penulis menyadari bahwa sistem ini belum sepenuhnya optimal jika diterapkan pada skala yang lebih besar, misalnya untuk sepuluh rumah atau lebih. Salah satu kendala teknis yang muncul adalah ukuran pipa distribusi yang saat ini masih menggunakan diameter 1/2 inci. Ukuran pipa ini cukup untuk lima rumah, tetapi jika jumlah rumah ditambah, maka akan terjadi penurunan tekanan air, terutama pada rumah-rumah yang berada paling jauh dari posisi tandon. Hal ini berisiko menurunkan efisiensi distribusi dan menyebabkan ketidakseimbangan pasokan air.

Berdasarkan hal tersebut, penulis berpendapat bahwa apabila sistem ini akan dikembangkan untuk mencakup lebih dari lima rumah, maka perlu dilakukan beberapa penyesuaian teknis. Pertama, pipa distribusi utama sebaiknya diganti dengan diameter yang lebih besar, minimal 3/4 inci atau bahkan 1 inci, agar tekanan air tetap stabil dan distribusi merata. Kedua, diperlukan penambahan pompa air tambahan (booster pump) untuk membantu distribusi ke titik-titik yang lebih jauh dari tandon, terutama jika topografi lingkungan memiliki perbedaan ketinggian yang signifikan. Ketiga, sistem juga dapat diatur dengan pengendalian distribusi secara bergilir berdasarkan waktu atau zona, sehingga penggunaan air tetap efisien dan merata.

Selain itu, apabila pengembangan mencakup satu kompleks perumahan atau lebih dari sepuluh rumah, penulis menyarankan agar sistem dibuat dalam bentuk modular, dengan menambahkan satu atau dua tandon tambahan. Setiap tandon dapat dikontrol secara mandiri tetapi tetap terhubung ke satu sistem pusat berbasis *IoT*. Dengan pendekatan ini, distribusi air akan lebih terkelola, tidak bergantung pada satu sumber saja, dan dapat menyesuaikan diri dengan beban konsumsi yang lebih besar.

Dengan semua pertimbangan tersebut, penulis berkesimpulan bahwa sistem ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih luas, asalkan didukung dengan infrastruktur teknis yang memadai. Sistem ini tidak hanya mampu mengatur volume dan kualitas air, tetapi juga menawarkan efisiensi tinggi dan fleksibilitas dalam manajemen distribusi air rumah tangga. Ke depan, sistem ini juga dapat diintegrasikan dengan sistem manajemen energi atau smart grid untuk menciptakan ekosistem rumah pintar (smart home) yang lebih hemat sumber daya dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem distribusi air berbasis *Internet of Things (IoT)*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem ini dapat mengendalikan pompa air secara otomatis berdasarkan data ketinggian air dari sensor ultrasonik. Pompa menyala saat ketinggian air melebihi 50 cm dan mati saat air mencapai 0 cm (penuh). Pengujian menunjukkan bahwa pengisian tandon dari kosong hingga penuh membutuhkan waktu rata-rata 59 menit. Sebelum sistem ini diterapkan, pengisian manual sering mengakibatkan pemborosan atau keterlambatan. Dengan sistem ini, air tidak lagi terbuang akibat tandon meluap, meningkatkan efisiensi penggunaan air. Waktu rata-rata pengisian tandon dari kosong (0 liter) hingga penuh (980 liter) adalah sekitar 1 jam 33 menit, dengan kecepatan pengisian 0,25 liter per detik (l/s).
2. Distribusi air dilakukan melalui lima saluran dengan sensor water flow yang mengukur debit air masing-masing. Sistem secara otomatis menyesuaikan pembukaan valve sesuai kebutuhan dan kecepatan distribusi tiap rumah, memastikan distribusi air lebih seimbang tanpa ada saluran yang mendominasi. Debit air keluar tercatat minimum 0,1659 l/s saat lima keran dibuka pada sudut 35 derajat, dan maksimum 0,1775 l/s, menunjukkan aliran yang stabil. Debit air masuk dari pompa ke tandon tercatat 0,2582 l/s, lebih besar dari aliran keluar, memastikan tandon terisi dengan cukup dan distribusi air berjalan efisien.
3. Sistem mengintegrasikan sensor kekeruhan untuk menjamin air yang disalurkan tetap layak konsumsi. Distribusi akan dihentikan secara otomatis apabila nilai kekeruhan > 5 NTU. Fitur ini memberikan nilai tambah pada sistem dengan menjaga kualitas air bagi warga. Sebelum adanya sistem ini, distribusi dilakukan tanpa memperhatikan kualitas air, berpotensi menimbulkan masalah kesehatan.

REFERENSI

- A. K. Rindra, A. Widodo, F. Baskoro, and N. Kholis, "Sistem Monitoring Level Ketinggian Air Pada Tandon Rumah Berbasis IoT (Internet Of Things)," *J. Tek. ELEKTRO*, vol. 11, no. 1, pp. 17–22, 2022, doi: 10.26740/jte.v11n1.p17-22.

- Salahuddin, Yusman, Zamzami, Bakhtiar, S. Munazzar, and M. Nasir, "Pengontrolan Tandon Air Berbasis IoT Menggunakan Node MCU 8266," *J. Serambi Eng.*, vol. 9, no. 2, Art. no. 2, Apr. 2024.
- N. Sadikin, M. Sari, and B. Sanjaya, "Smarthome Using Android Smartphone, Arduino uno Microcontroller and Relay Module," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1361, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1361/1/012035.
- A. Abrar and T. Tukino, "Pengembangan Sistem Pengontrolan Irrigasi Cerdas dengan Teknologi Internet of Things (IoT)," *Pros. Semin. Nas. Ilmu Sos. Dan Teknol. SNISTEK*, vol. 5, pp. 286–293, Sep. 2023, doi: 10.33884/psnistek.v5i.8096.
- S. Munazzar and M. Nasir, "Pengontrolan Tandon Air Berbasis IoT Menggunakan Node MCU 8266," *Jse*, vol. IX, no. 2, pp. 8783–8791, 2024.
- M. La Raufun, Sandi Ardiasyah, "Prototype Pengontrol Pengisian Tandon Air Secara Paralel Menggunakan Solenoid Valve Berbasis Atmega 2560," *J. Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 30–35, 2018.
- N. Tri et al., "Perancangan Sistem Monitoring Ketersediaan Air Otomatis Menggunakan Applikasi Blynk Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Ilmu Komput. Dan Sist. Inf. JIKOMSI*, vol. 6, pp. 154–164, 2023.
- S. Baco, N. Alamsyah, T. Anwar, and A. Salman, "Perancangan Lampu Otomatis Untuk Petani Bawang Merah," *Proseding SNASIKOM*, vol. 2, no. 1, pp. 105–113, 2022.
- M. F. Noor et al., "Simulasi Sistem Pemantauan Ketinggian Air Pada," vol. 4, no. 4, pp. 19–29, 2024.
- P. IPM, M. Sitorus, and H. Aziz, "Perancangan Alat Bantu Swing Otomatis Untuk Mengurangi Kegagalan Produk Pada Industri Bahan Bangunan," *Sutet*, vol. 9, no. 1, pp. 26–35, 2019, doi: 10.33322/sutet.v9i1.472.
- H. Sukmono, S. Sutikno, and N. K. Wardati, "Prototipe Sistem Otomasi Gerbang Irrigasi Dengan Implementasi Mikrokontroler Berbasis IoT," *J. Tek. Elektro Dan Komputasi ELKOM*, vol. 2, no. 1, pp. 30–40, 2020, doi: 10.32528/elkom.v2i1.3133.
- M. S. Yoski and R. Mukhaiyar, "Prototipe Robot Pembersih Lantai Berbasis Mikrokontroller dengan Sensor Ultrasonik," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 158–161, 2020, doi: 10.24036/jtein.v1i2.67.
- Y. Romdania, I. S. Banuwa, S. B. Yuwono, E. P. Wahono, and S. Triyono, "DESIGNING THE TECHNOLOGY FOR TURBIDITY SENSOR-BASED AUTOMATIC RIVER SEDIMENTATION MEASUREMENT," *J. Teknol. Sci. Eng.*, vol. 85, no. 5, Art. no. 5, Aug. 2023, doi: 10.11113/jurnalteknologi.v85.19618.
- U. A. Saputro and A. Tuslam, "Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis Internet Of Things Dengan Pesan Peringatan Menggunakan NodeMCU ESP8266 Dan Platform ThingSpeak," *J. Infimedia*, vol. 7, no. 1, p. 24, 2022, doi: 10.30811/jim.v7i1.2958.
- Riandi Akbar Ramiz, Lalu Delsi Samsumar, Ahmad Subki, and M. Zulpahmi, "PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN KETINGGIAN AIR PADA TANDON AIR RUMAH BERBASIS IOT DENGAN APLIKASI BLYNK," *J. Data Anal. Inf. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 4, pp. 183–190, Oct. 2024, doi: 10.70248/jdaics.v1i4.1309.
- Daniel Rudjiono, Dani Sasmoko, and Hendra Cahya Ardhy Syahputra, "PROTOTYPE PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI KETINGGIAN TANDON AIR DI RSUD DR. GUNAWAN MANGUNKUSUMO BERBASIS ARDUINO UNO," *Inform. J. Tek. Inform. Dan Multimed.*, vol. 5, no. 1, pp. 77–84, May 2025, doi: 10.51903/informatika.v5i1.1016.
- I. W. Suparno and A. Jalil, "IMPLEMENTASI SENSOR MULTI-MODAL MENGGUNAKAN RASPBERRY PI DAN ROBOT OPERATING SYSTEM PADA SISTEM KEAMANAN RUMAH," *Electro Luceat*, vol. 7, no. 2, pp. 86–95, Nov. 2021, doi: 10.32531/jelekn.v7i2.405.

- E. R. N. Wulandari, H. M. Abdullah, and S. R. Asriningtias, “Development of Portable IoT Data Logger for Water Quality Monitoring;,” presented at the 4th International Conference on Innovation in Engineering and Vocational Education (ICIEVE 2021), Bandung, Indonesia, 2022. doi: 10.2991/assehr.k.220305.052.
- S. Syafrudin, A. Sarminingsih, H. Juliani, M. A. Budihardjo, A. S. Puspita, and S. Auliya Arlin Mirhan, “Water Quality Monitoring System for Temperature, pH, Turbidity, DO, BOD, and COD Parameters Based on Internet of Things in Garang Watershed,” *Ecol. Eng. Environ. Technol.*, vol. 25, no. 2, pp. 1–16, Feb. 2024, doi: 10.12912/27197050/174412.