

MONITORING CHILLER MAKEUP WATER TANK DI MALL TERINTEGRASI TEKNOLOGI KOMUNIKASI BERBASIS IOT

I Gde Nyoman Sangka¹ IK. Darminta² Fairuzsyah Raisan FA³ I Nengah Sunaya⁴
I Made Sajayasa⁵ IG. Ketut Sri Budarsa⁶ dan IG. Suputra Widharma⁷

¹²³⁴⁵⁶⁷Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

e-mail: kmgsangka@pnb.ac.id, darminta@pnb.ac.id, msajayasa@pnb.ac.id,
nengahsunaya@pnb.ac.id, sribudarsa@pnb.ac.id, suputra@pnb.ac.id

Abstrak – Sistem monitoring level air berbasis Internet of Things (IoT) terintegrasi dengan teknologi komunikasi dirancang untuk memantau tinggi air pada Chiller Makeup Water Tank di Mall. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 untuk mengamati tinggi air setiap 10 menit, kemudian mengirimkan data memanfaatkan teknologi komunikasi secara otomatis ke Google Sheets dan telegram *user*. Selain itu, data juga dikirim ke Arduino Cloud setiap 1 menit untuk visualisasi langsung melalui dashboard. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menjaga kapasitas air tangki dalam rentang aman sebesar 57–89% dari total kapasitas (62,5 m³), dengan rata-rata harian sebesar 73,14% atau 46,03 m³. Sistem mengirimkan notifikasi ke telegram otomatis setiap 2 menit saat level air turun di bawah ambang batas 50% kapasitas, memungkinkan respons cepat terhadap potensi anomali. Koefisien korelasi hasil kalibrasi sensor mencapai 0,989 yang menandakan akurasi tinggi dalam pengukuran. Sistem ini terbukti efektif dalam memberikan visibilitas real-time, mendeteksi fluktuasi dan anomali operasional, serta mendukung efisiensi tenaga kerja dan konservasi air dalam sistem pendinginan mall. Diharapkan sistem ini dapat diimplementasikan secara luas di berbagai infrastruktur yang membutuhkan pemantauan air otomatis dan responsif.

Kata kunci : Internet of Things; Monitoring; Chiller Makeup Water Tank; Teknologi Komunikasi.

Abstract- An Internet of Things (IoT)-based water level monitoring system integrated to communication technology was developed to track the real-time water height in the Chiller Makeup Water Tank at the Mall. The system utilizes a JSN-SR04T ultrasonic sensor connected to an ESP32 micro-controller to measure the water height every 10 minutes and automatically send the data to Google Sheets and user telegram. Additionally, data is transmitted to Arduino Cloud every 1 minute for live dashboard visualization. Test results show that the system successfully maintained the tank water level within a safe range of 57–89% of its full capacity (62.5 m³), with a daily average of 73.14% or 46.03 m³. The system send an automatic Telegram notification feature that alerts every 2 minutes when water drops below 50% capacity, enabling quick responses to anomalies. The sensor calibration yielded a correlation coefficient of $R = 0.989$, indicating high measurement accuracy. This system proves effective in delivering real-time visibility, detecting fluctuations and operational anomalies, and enhancing labor efficiency and water conservation in mall cooling systems. It is expected to be widely applicable in various infrastructures requiring automatic and responsive water monitoring.

Keyword : Internet of Things; Monitoring; Chiller Makeup Water Tank; Communication Technology.

PENDAHULUAN

Mall di kota besar merupakan salah satu pusat perbelanjaan yang menggunakan sistem AC sentral Chiller berkapasitas pendinginan total 2400TR (Tons of Refrigerant) dengan sebagian besar komponennya telah terotomatisasi [1]. Namun, chiller water supply tank umumnya masih mengandalkan pengecekan manual oleh staf,

terutama untuk memastikan ketersediaan air dalam sistem pendingin. Proses ini tidak hanya memakan waktu tetapi juga kurang efisien, terutama pada malam hari, ketika keterbatasan tenaga kerja dapat menghambat efektivitas operasional [2].

Seiring dengan perkembangan teknologi komunikasi, Internet of Things (IoT)

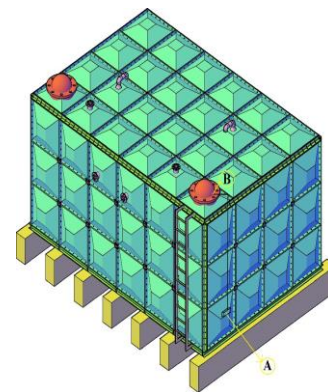
menawarkan solusi untuk meningkatkan efisiensi dalam sistem monitoring dan otomatisasi [3]. Dalam penelitian ini, dikembangkan sistem monitoring berbasis IoT untuk chiller makeup water tank, yang terdiri dari sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air, mikrokontroler sebagai unit pemrosesan, serta modul komunikasi nirkabel yang memungkinkan data level air dikirim secara real-time ke platform monitoring berbasis cloud [4]. Sistem ini memungkinkan pengelola gedung untuk memantau level air melalui dashboard visual di perangkat komputer atau smartphone, serta menerima notifikasi peringatan apabila ketinggian air mencapai batas kritis [5].

Dengan adanya sistem ini, pemantauan ketinggian air tidak lagi bergantung pada pengecekan manual, sehingga mengurangi risiko kesalahan manusia dan meningkatkan efisiensi operasional. Selain itu, otomatisasi ini mendukung upaya konservasi air di sektor industri. Berdasarkan laporan United Nations World Water Development Report (2019), kebutuhan air global diperkirakan meningkat sebesar 20–30% hingga tahun 2050, dengan lonjakan permintaan yang signifikan di sektor industri dan domestik [6]. Oleh karena itu, penerapan teknologi berbasis IoT dalam sistem pendinginan dapat menjadi langkah strategis dalam menghadapi tantangan pengelolaan sumber daya air di masa depan. Air merupakan komponen esensial dalam berbagai sektor industri, termasuk dalam sistem pendinginan seperti chiller pada fasilitas komersial. Menurut data dari Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), penggunaan air di sektor industri mendominasi di negara-negara berpenghasilan tinggi dengan rata-rata 17%, sedangkan di negara berpenghasilan rendah hanya sekitar 2% [7]. Efisiensi dalam penggunaan air menjadi faktor krusial dalam pengelolaan sumber daya industri guna mendukung keberlanjutan operasional [8].

METODE

Penelitian ini dilakukan di lantai Rooftop mall, di mana tempat keseluruhan chiller berada. Pada penelitian ini terdapat Salah satu aspek penting dalam sistem chiller adalah makeup water, yaitu air tambahan yang digunakan untuk menggantikan air

yang hilang akibat penguapan, kebocoran, atau pembersihan sistem [9]. Jika tidak dikelola dengan baik, penggunaan makeup water yang berlebihan dapat meningkatkan konsumsi air dan energi, serta mengurangi efisiensi operasional sistem chiller. Pada penelitian ini digunakan satu buah data gateway dan satu buah sensor. Kondisi Chiller Makeup Water Tank dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Chiller Makeup Water Tank Mall

Gambar 1 diatas menunjukkan Chiller Makeup Water Tank yang digunakan di Mall sebagai bagian dari sistem pendinginan mall. Tangki ini berfungsi untuk menyediakan dan menampung air tambahan yang diperlukan dalam proses pendinginan guna menjaga kestabilan sistem chiller [10]. Tangki ini memiliki dimensi 5 meter x 5 meter x 2.5 meter, dengan kapasitas total sekitar 62.500 liter. Chiller Makeup Water Tank berfungsi sebagai suplai utama untuk menggantikan air yang hilang dalam sistem pendinginan di Mall [11]. Air dari tangki ini dialirkan ke chilled water system, yang kemudian digunakan dalam proses penyerapan panas dari udara sebelum dikembalikan ke cooling tower untuk didinginkan kembali. Dalam sistem ini, air yang mengalami penguapan atau kehilangan akibat blowdown harus diganti secara berkala.

Untuk menjaga ketersediaan air dalam tangki, pengisian dilakukan menggunakan sumber air dari PDAM dan Deep Well, dengan rasio pencampuran tertentu sesuai dengan

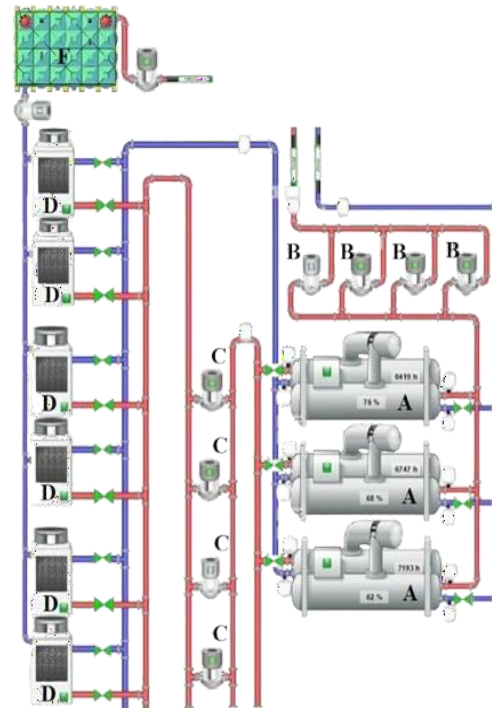
kebutuhan kualitas air dalam sistem pendinginan. Proses pengisian ini dilakukan secara otomatis dengan bantuan pompa dan mekanisme pelampung (float switch) [12]. Ketika level air dalam tangki turun hingga batas tertentu, pelampung akan mengaktifkan kontaktor, yang kemudian menyalakan pompa untuk mulai mengisi air ke dalam tangki. Setelah level air mencapai batas yang telah ditentukan, pelampung akan kembali ke posisi semula dan secara otomatis mematikan pompa, sehingga mencegah pengisian berlebih dan menjaga kestabilan suplai air. Dengan adanya sistem monitoring berbasis IoT, pengelolaan level air dalam tangki ini dapat dilakukan secara real-time, mengurangi risiko kehabisan air serta meningkatkan efisiensi operasional sistem pendingin di Living World Denpasar.

Sistem monitoring ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu perangkat data gateway (A) dan sensor ultrasonik JSN-SR04T (B). Komponen pertama, perangkat data gateway (A), ditempatkan di samping kanan bawah tangki. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan aksesibilitas dan perlindungan terhadap kondisi lingkungan sekitar. Data gateway bertanggung jawab dalam menerima data dari sensor ultrasonik, memproses informasi yang diperoleh, serta mengirimkan data level air secara real-time ke platform IoT melalui jaringan komunikasi nirkabel. Penempatan di bagian bawah juga mempermudah koneksi ke sumber daya listrik dan sistem jaringan yang digunakan dalam mall.

Komponen kedua, sensor ultrasonik JSN-SR04T (B), dipasang di sela tutup atas tangki menghadap langsung ke permukaan air. Lokasi ini memungkinkan sensor untuk mengukur jarak antara sensor dan permukaan air secara akurat tanpa terhalang oleh struktur internal tangki [13].

Pada Gambar 2 berikut adalah Skema Sistem chiller di Mall beroperasi sebagai sistem pendinginan sentral untuk menjaga suhu udara dalam gedung tetap nyaman. Sistem pendinginan sentral di Mall Living World Denpasar beroperasi dalam satu siklus tertutup yang berulang secara

terus-menerus untuk menjaga suhu udara di dalam gedung tetap stabil dan nyaman. Salah satu bagian penting dari sistem ini



adalah Chiller Makeup Water Tank, yang berperan dalam menjaga keseimbangan volume air pendingin yang digunakan dalam siklus pendinginan.

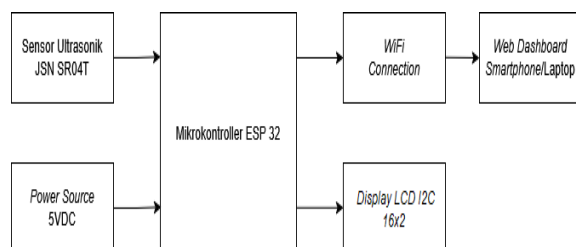
Gambar 2 Skema Sistem Chiller Di Mall

Siklus dimulai ketika air dingin (chilled water) yang telah didinginkan oleh chiller dialirkan ke sistem distribusi menggunakan empat unit Chilled Water Pump (CHWP) (B). Air dingin ini kemudian menuju Air Handling Unit (AHU) untuk mendinginkan area mall secara keseluruhan dan Fan Coil Unit (FCU) yang digunakan untuk pendinginan di setiap tenant. Setelah menyerap panas dari udara dalam gedung, suhu air menjadi lebih tinggi, sehingga air ini perlu didinginkan kembali untuk digunakan dalam siklus berikutnya.

Air yang telah mengalami peningkatan suhu selanjutnya dialirkan ke chiller kondensor, yang terdiri dari tiga unit berkapasitas 800TR (A). Di dalam kondensor, panas dari air akan dipindahkan ke air kondensasi, yang kemudian dipompa menuju Cooling Tower (D) menggunakan empat unit Condenser Water Pump (CWP) (C). Di dalam cooling tower, air panas dari kondensor mengalami pelepasan panas ke udara melalui kisi-kisi (fill pack) yang berbahan PVC, sehingga suhunya turun sebelum kembali ke sistem chiller untuk digunakan kembali.

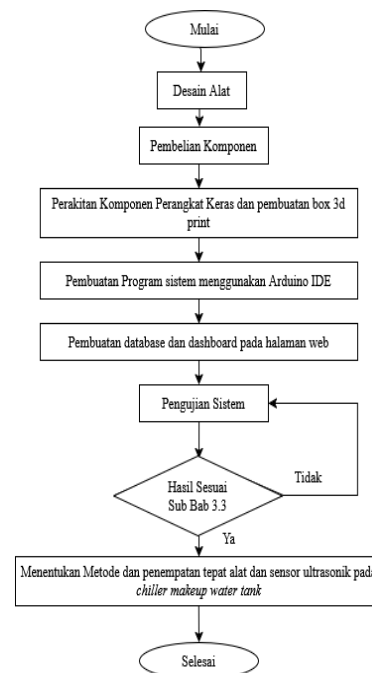
Selama proses ini, sebagian air dalam cooling tower akan hilang akibat penguapan, blowdown, atau kebocoran, sehingga diperlukan suplai air tambahan untuk menjaga keseimbangan volume air dalam sistem. Chiller Makeup Water Tank (F) berperan sebagai sumber air cadangan yang menggantikan air yang hilang tersebut. Air di dalam tangki ini berasal dari PDAM dan Deep Well, lalu dipompa ke dalam sistem sesuai dengan kebutuhan operasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3 Blok Diagram Sistem Monitoring

Gambar 3 tersebut menampilkan blok diagram sistem secara garis besar yang akan dibangun. Diagram ini menunjukkan aliran data dari sensor ke sistem pemrosesan dan pemantauan. Pada sistem ini, sensor JSN-SR04T berfungsi untuk mendeteksi jarak dan mengirimkan data ke mikrokontroler ESP32. Mikrokontroler ini bertanggung jawab untuk mengolah data dan menampilkannya pada display I2C 16x2. Selain itu, ESP32 juga terhubung dengan jaringan melalui WiFi Connection, yang memungkinkan pengiriman data ke database.



Gambar 4 Diagram Alir Sistem Monitoring

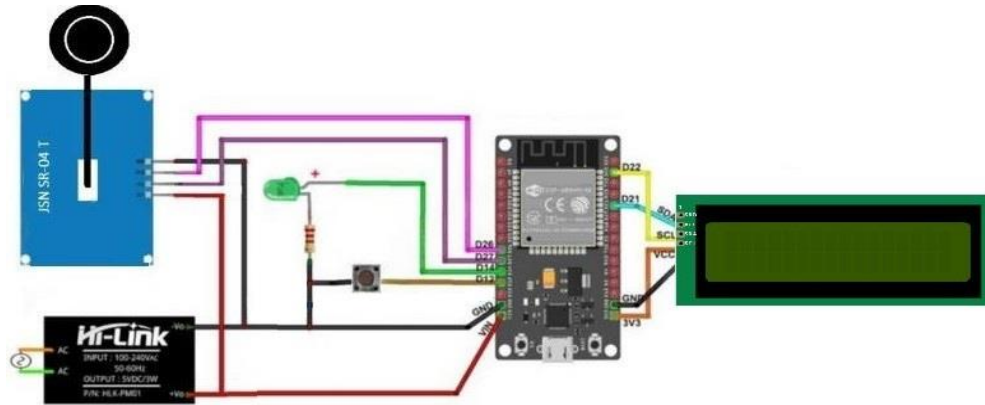
Setelah data disimpan dalam database, informasi tersebut dapat diakses melalui Dashboard Web Monitoring, yang digunakan untuk menampilkan hasil pemantauan secara real-time. Data yang sudah diupload dapat dilihat user via internet dengan menggunakan web browser yang dapat diakses di perangkat laptop maupun smartphone. Untuk mendukung sistem ini, bisa menggunakan salah satu sumber daya listrik 5V DC dari adapter atau baterai atau dihubungkan 220V AC ke power supply built in sebagai power supply utama.

Data yang disimpan dalam database ditampilkan pada halaman web berupa dashboard.

Perangkat keras yang dibutuhkan pada pembuatan rancang bangun penelitian ini terdiri dari sensor ultrasonik JSN SR04T, mikrokontroler ESP32, I2C 16x2 display. Hi-Link AC-DC Module 5vdc, serta bahan pendukung lainnya. Langkah awal dalam perancangan sistem yang perlu dilakukan adalah membuat simulasi sistem monitoring dan kontrol dan kemudian meng-input data

masing-masing sensor dan piranti elektronika pendukung sistem. Setelah semua data-data sensor yang diperlukan di-*input* dan di-*setting* sesuai kebutuhan, selanjutnya dikirim untuk info dan ke central prosesor dalam hal ini mikrokontroler. [11] Kemudian proses berlangsung seperti yang ditunjukkan pada gambar *flowchart* yang ditampilkan seperti gambar 4. Sedangkan tabel hasil pengukuran konvensional dan tampilan

data pada IoT yang diterima komunikator ditunjukkan pada tabel 1.



Gambar 5 Sistem Monitoring Chiller Makeup Water Tank Berbasis IoT

Tabel 1 Hasil Monitoring Otomatis Chiller Water Tank

Chiller Water Tank Datalogger					
Date	Time	Reading Status	Water Volume (m ³)	Water Height (m)	Water Percentage (%)
13/05/2025	9:00:42	OK	43,98	1,76	70
13/05/2025	9:10:42	OK	44,21	1,77	70
13/05/2025	9:20:42	OK	47,69	1,91	76
13/05/2025	9:30:42	OK	45,5	1,82	72
...	...	...	...	...	...
13/05/2025	22:30:43	OK	38,32	1,53	61

Sumber: Hasil Pengumpulan Data di lapangan

Analisis data dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas sistem monitoring dalam memantau tinggi air tangki secara berkala dan real-time. Setelah data berhasil dikumpulkan dan dibersihkan dari nilai-nilai kosong atau tidak

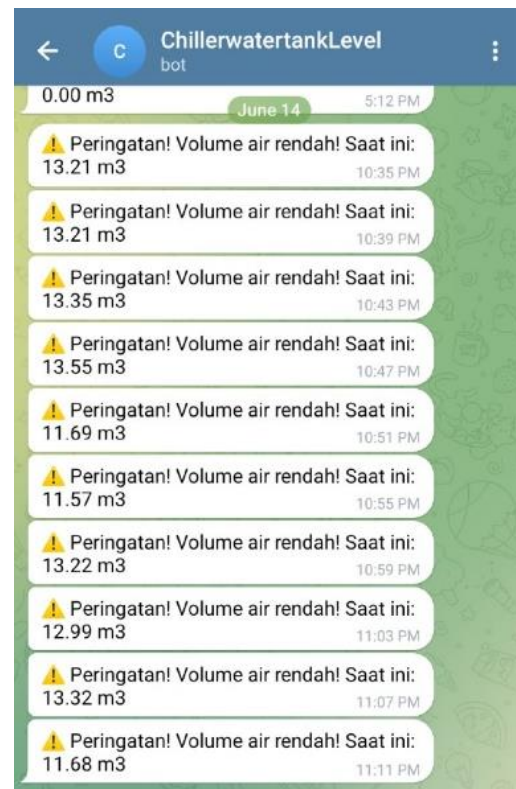
valid, proses analisis bertujuan untuk mengidentifikasi pola konsumsi air harian, kestabilan sistem pengisian, serta mendeteksi anomali operasional yang mungkin terjadi. Fokus utama analisis ini meliputi tiga aspek:

1. Pola Konsumsi Harian; Mengidentifikasi periode waktu dengan penggunaan air tertinggi, khususnya pada jam operasional tinggi seperti siang hari saat beban pendinginan meningkat.

2. Kestabilan Sistem Pengisian; Menganalisis apakah sistem pengisian otomatis (menggunakan pompa dan float switch) mampu menjaga level air dalam rentang ideal, yakni antara 70% hingga 85% kapasitas tangki, demi menjaga performa optimal sistem pendingin.

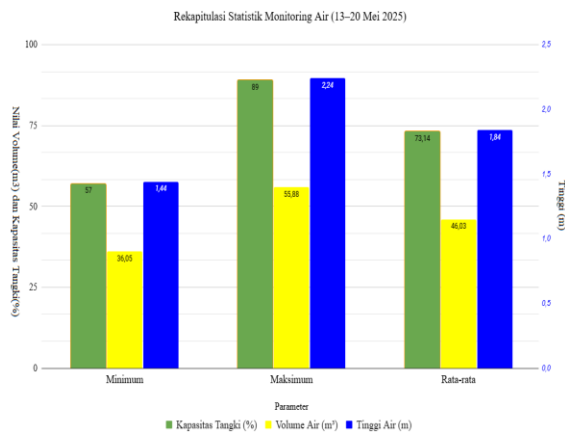
3. Deteksi Anomali Operasional; Memantau anomali seperti penurunan drastis level air dalam waktu singkat yang dapat mengindikasikan kerusakan pompa, kebocoran tangki, atau kesalahan pembacaan sensor.

Data yang dikumpulkan meliputi hasil kalibrasi sensor ultrasonik, pengujian latensi transmisi data melalui protokol HTTP, konsumsi daya dari tiga jenis sumber daya (USB, baterai, dan AC-DC power supply hilink), serta data aktual level air selama satu minggu pemantauan di Mall. Seluruh hasil ini dianalisis untuk menilai akurasi, efisiensi, dan keandalan sistem dalam kondisi operasional nyata. Data diperoleh secara otomatis melalui sensor ultrasonik JSN SR04T yang dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 dan dikirim ke Google Sheets setiap 10 menit menggunakan koneksi WiFi. Rentang waktu pengambilan data berlangsung selama delapan hari berturut-turut, mulai dari 13 Mei hingga 20 Mei 2025, dengan total lebih dari 600 baris data poin yang mencakup tinggi air (m), volume air (m^3), dan persentase kapasitas tangki (%). Tujuan dari visualisasi ini adalah berfokus melihat pola fluktuasi air (bukan seperti flow meter), tren pemakaian harian, serta kestabilan pengisian tangki.



Gambar 6. Tampilan Notif pada Telegram

Rekap visualisasi harian level air disajikan dalam grafik garis per hari dari tanggal 13–20 Mei 2025, masing-masing menampilkan tinggi air (m), volume air (m^3), dan persentase kapasitas (%). Visualisasi ini memberikan gambaran fluktuasi air tangki selama jam operasional chiller mall, yaitu pukul 09.00–22.00. Setiap grafik menggambarkan respons sistem terhadap aktivitas penggunaan air dan proses pengisian ulang, sehingga dapat dianalisis pola naik-turun air tangki secara periodik. Di bawah ini adalah grafik garis visualisasi harian tren monitoring air:



Gambar 7. Tampilan Hasil Monitoring

Visualisasi ini menegaskan bahwa sistem monitoring IoT berhasil mempertahankan level air dalam rentang aman, meskipun terdapat beberapa fluktuasi akibat intervensi teknis. Dengan volume rata-rata sebesar 46,03 m³ atau 73,14% kapasitas, sistem pengisian otomatis terbukti andal dalam menjaga kontinuitas suplai air ke sistem pendingin. Rentang fluktuasi antara 36,05–55,88 m³ menandakan bahwa mekanisme pemompaan otomatis dan manual bekerja sesuai kebutuhan operasional chiller. Perbedaan antara nilai minimum dan maksimum ini juga mencerminkan pola konsumsi dan pengisian air yang konsisten dengan aktivitas mall, yaitu tingginya penggunaan pada siang-sore hari dan pengisian ulang pada malam hari. Analisis ini memperkuat kesimpulan bahwa sistem pemantauan air yang dirancang telah memenuhi fungsinya untuk memberikan visibilitas real-time, mendeteksi anomali, serta membantu pengambilan keputusan teknis selama operasional. Dengan kemampuan pengukuran dan pelaporan otomatis setiap 10 menit, sistem ini terbukti memberikan visibilitas waktu nyata terhadap status level air dalam tangki. Hal ini memungkinkan deteksi dini terhadap pola konsumsi tidak normal, sekaligus membantu teknisi dalam pengambilan keputusan operasional.

Secara keseluruhan, sistem monitoring air yang dikembangkan terbukti efektif dan akurat dalam memberikan data valid untuk analisis tren harian maupun mingguan. Performa ini mendukung efisiensi operasional pendingin mall serta meningkatkan keandalan manajemen air pada fasilitas skala besar.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil implementasi, pengujian, dan analisis sistem monitoring level air berbasis

Internet of Things (IoT) pada Chiller Makeup Water Tank di Mall selama periode 13–20 Mei 2025, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Keandalan Sistem Monitoring IoT: Sistem yang menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T dan mikrokontroler ESP32 berhasil memantau level air secara otomatis dan real-time dengan akurasi tinggi (koefisien korelasi linieritas sensor $R = 0,989$). Data dikirim setiap 10 menit ke Google Sheets melalui protokol HTTP POST dan ditampilkan setiap 1 menit ke dashboard Arduino Cloud. Ini memberikan visibilitas yang jelas dan konsisten terhadap fluktuasi level air di tangki.

2. Stabilitas Operasional Tangki: Selama periode pengujian, sistem berhasil menjaga kapasitas air dalam rentang aman 57–89% kapasitas tangki (atau sekitar 36,05–55,88 m³), dengan rata-rata harian 73,14% (setara 46,03 m³ atau 1,84 m tinggi air). Pola konsumsi air harian menunjukkan penggunaan puncak pada pukul 12:00–16:00 seiring beban pendinginan mall, dan sistem pengisian otomatis bekerja aktif saat volume air mendekati batas bawah (sekitar 58%).

3. Deteksi Anomali dan Respons Cepat: Sistem dilengkapi fitur notifikasi Telegram otomatis setiap 2 menit saat level air turun di bawah 50% kapasitas. Fitur ini terbukti efektif mendeteksi anomali seperti penurunan ekstrem pada 15 Mei (48% kapasitas atau 30 m³) akibat gangguan pompa. Intervensi manual yang terekam pada 13, 15, 17, 18, 19, dan 20 Mei menunjukkan sistem ini mendukung pengambilan keputusan teknis yang cepat dan berbasis data.

4. Efisiensi Energi Sistem: Hasil pengujian konsumsi daya menunjukkan bahwa penggunaan modul HiLink AC–DC 5V adalah yang paling efisien dengan konsumsi 408 mW saat idle dan 756 mW saat aktif, dibandingkan dengan sumber daya USB (826 mW aktif) dan baterai 18650 (779 mW aktif).

5. Efisiensi Operasional dan Sumber Daya: Sistem monitoring ini mengurangi ketergantungan terhadap inspeksi manual, meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga teknis, serta mendukung konservasi air. Pengisian tangki yang tepat waktu memastikan kontinuitas operasi sistem pendingin dan mencegah risiko kehabisan air. Ini mendukung kemungkinan operasi mandiri jangka panjang tanpa pengawasan intensif.

6. Visualisasi dan Pelaporan Efektif: Data divisualisasikan secara komprehensif melalui grafik tren harian dan mingguan, serta dirangkum dalam tabel statistik (minimum,

maksimum, rata-rata). Hal ini memudahkan analisis fluktuasi dan validasi performa sistem selama periode pengujian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terpublikasinya artikel ini, Penulis mengucapkan terima kasih kepada redaktur Jurnal Vastuwidya, yayasan Cita Widya Suhita, Ilmu Komunikasi UHN IGB Sugriwa Denpasar, dan Politeknik Negeri Bali atas bantuan dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I Gde Nyoman Sangka, IGS Widharma, IGK Sri Budarsa. "Mathematical modeling of adaptive lighting system based on solar panels and digital communication for microalgae synthesis", *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*. 2025
- [2] A. B. Setyawan, M. Hannats, dan G. E. Setyawan, "Sistem Monitoring Kelembaban Tanah, Kelembaban Udara, Dan Suhu Pada Lahan Pertanian Menggunakan Protokol MQTT," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 12, hal. 7502–7508, 2018.
- [3] A. N. Rasyid, D. Hamdani, dan I. Setiawan, "Rancang Bangun Smart Greenhouse Berbasis Arduino Uno," *J. Ilmu Pembelajaran Fis.*, vol. 2, no. 2, hal. 125–132, 2023.
- [4] IGS. Widharma dan Lalu F. N. Buku Ajar "Mikrokontroler dan Aplikasi". Penerbit Wawasan Ilmu, Banyumas. 2022.
- [5] S. Nurrahmi, N. Miseldi, dan S. H. Syamsu, "Rancang Bangun Sistem Penyiraman Otomatis pada Green House Tanaman Anggrek Menggunakan Sensor DHT22," *JPF (Jurnal Pendidik. Fis. Univ. Islam Negeri Alauddin Makassar)*, vol. 11, no. 1, hal. 33–43, 2023, doi: 10.24252/jpf.v11i1.33419.
- [6] M. N. Nizam, Haris Yuana, dan Zunita Wulansari, "Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 2, hal. 767–772, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.
- [7] IGS Widharma dan I Nengah Sunaya. "Aplikasi sistem akuisisi data pada sistem fire alarm berbasis sistem mikrokontroler". *Jurnal Logic* 14(2). 126. 2017
- [8] F. Puspasari, T. P. Satya, U. Y. Oktiawati, I. Fahrurrozi, dan H. Prisyanti, "Analisis Akurasi Sistem sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 16, no. 1, hal. 40, 2020, doi: 10.12962/j24604682.v16i1.5776.
- [9] IGS. Widharma, I Nyoman Kiriana, dan AAM. Dewi Anggreni. "Public Communication Between Media Disruption And Public Literacy In The Digital Era". *Jurnal Kajian Komunikasi Budaya*, 2 (2), 1-10. 2025
- [10] Y. Efendi, "Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 2, hal. 21–27, 2018, doi: 10.35329/jiik.v4i2.41.
- [11] Maharani, Antares, Baso, Yusnaini, Nurhani, Martdiansyah. "Pemodelan Solar Tracker Dengan Pengendali PI, PD, Dan PID Menggunakan Matlab-Simulink Dengan Beban Baterai. *Jurnal Foristek* 14 (1). 2024
- [12] Midiatmiko, Yanu, Yahya. "PV Solar Tracker Berbasis Matlab/Simulink Untuk Optimasi Daya". *JTECS*. 2021.
- [13] IGS Widharma, Sajayasa, Sunaya, Sangka. "Perancangan Sistem Informasi Manajemen Laboratorium Otomasi Berbasis Web dengan Metode Prototype". *Vastuwidya* 5(2). 10. 2022