

Integrasi Sensor Suhu dan Cuaca dengan Teknologi LORA untuk Sistem *Monitoring Real-Time* pada *Basin Cooling Tower*

Integration of Temperature and Weather Sensors with LORA Technology for Real-Time Monitoring Systems in Basin Cooling Tower

Muhammad Agus Rinaldo
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Bina Darma
Sumatera Selatan, Indonesia
agusrinaldo@binadarma.ac.id

Muhammad Ariandi
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Bina Darma
Sumatera Selatan, Indonesia
muhammad_ariandi@binadarma.ac.id

Nina Paramytha
Program Teknik Elektro
Universitas Bina Darma
Sumatera Selatan, Indonesia
nina_paramytha@binadarma.ac.id

Rahmat Novrianda Dasmen*
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Bina Darma
Sumatera Selatan, Indonesia
rahmat_novrianda@gmail.com

Diterima : September 2025
Disetujui : Januari 2026
Dipublikasi : Januari 2026

Abstrak—Sistem pendinginan pada pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) sangat bergantung pada cooling tower, khususnya pada basin sebagai area penampungan air pendingin sebelum air dipompa kembali ke sistem. Efisiensi operasi dan umur peralatan sangat ditentukan oleh pemantauan suhu air serta kondisi cuaca secara real-time di area tersebut. Pengamatan manual dan sistem kabel memiliki keterbatasan pada jangkauan serta responsivitas, sehingga diperlukan solusi monitoring yang lebih modern. Artikel ini membahas pembuatan dan implementasi sistem monitoring berbasis LoRa yang mengintegrasikan sensor suhu dan cuaca pada basin cooling tower PLTP. Penelitian dilaksanakan melalui tinjauan literatur, observasi lapangan, konsultasi dengan ahli, serta pengujian langsung perangkat keras dan perangkat lunak dengan berbagai skenario operasional. Sistem yang dirancang mampu secara konsisten mentransmisikan data sensor suhu dan cuaca dengan success rate di atas 95%, dan jangkauan transmisi efektif mencapai 400–500 meter di area geothermal terbuka. Implementasi sistem memberikan dampak positif berupa peningkatan kecepatan pengambilan data, efisiensi energi, dan akurasi pemantauan, sehingga mendukung respon teknis yang lebih cepat dan pengelolaan risiko perangkat. Hasil evaluasi membuktikan bahwa solusi berbasis LoRa mampu berfungsi optimal dan dapat diterapkan secara luas pada lingkungan industri geothermal yang menantang dan terpencil.

Kata Kunci— *LoRa; Sensor Suhu; Monitoring Real-time; Cooling Tower; Geothermal.*

Abstract— *The cooling system of geothermal power plants (PLTP) critically depends on cooling towers, particularly the basin as the*

reservoir for cooled water to be recirculated into the system. Real-time monitoring of basin water temperature and weather conditions is essential for maintaining operational efficiency and prolonging equipment lifespan. Manual observation and wired systems are limited in terms of range and response time, prompting the need for a more advanced monitoring solution. This article describes the development and implementation of a LoRa-based monitoring system that integrates temperature and weather sensors in the cooling tower basin of a geothermal power plant. The research was conducted through literature reviews, direct observation, consultations with experts, and comprehensive field testing of both hardware and software under various operational scenarios. The designed system consistently transmits temperature and weather sensor data with a success rate exceeding 95%, and achieves an effective transmission range of 400–500 meters in open geothermal areas. Implementation of this system results in increased data acquisition speed, improved energy efficiency, and enhanced monitoring accuracy, supporting faster technical responses and better risk management. Evaluation results confirm that the LoRa-based solution functions optimally and is highly applicable for deployment in challenging and remote geothermal industrial environments.

Keywords— *LoRa; Temperature Sensor; Real-time Monitoring; Cooling Tower; Geothermal.*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia mengalami peningkatan signifikan setiap tahunnya seiring pertumbuhan ekonomi dan perkembangan sektor industri. Dalam menghadapi tantangan ini, pemerintah semakin menekankan penggunaan energi

terbarukan guna mendukung transisi energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan [1]. Salah satu sumber energi terbarukan yang memegang peranan penting adalah panas bumi atau geothermal. Pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki potensi besar, khususnya di wilayah-wilayah dengan aktivitas geothermal tinggi seperti Indonesia [2]. Indonesia menjadi negara dengan cadangan panas bumi yang melimpah di wilayah-wilayah dengan aktivitas tektonik yang tinggi, memiliki potensi besar untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) sebagai bagian dari upaya memenuhi kebutuhan energi nasional serta membantu menurunkan emisi karbon sektor energi [3] [4].

Proses pembangkitan listrik di PLTP pada dasarnya memanfaatkan panas bumi untuk menguapkan air menjadi uap yang kemudian dipakai untuk memutar turbin generator. Setelah menjalani proses tersebut, uap panas harus dikondensasikan kembali menjadi air agar dapat digunakan lagi dalam siklus tertutup maupun dibuang ke lingkungan sekitar secara aman [5]. Pada tahap kondensasi inilah cooling tower atau menara pendingin memegang peranan strategis dalam proses pelepasan panas sisa. Cooling tower menurunkan temperatur air hasil kondensasi sebelum air tersebut didaur ulang ke siklus proses termal berikutnya atau diinjeksikan kembali ke perut bumi. Salah satu area paling vital pada cooling tower adalah basin, yaitu wadah penampungan air pendingin sebagai media transisi utama sebelum air dipompa ke sistem atau diolah lebih lanjut [6]. Konsistensi suhu air di bak penampungan memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja sistem pendinginan ini. Suhu bak penampungan yang terlalu tinggi akan mengurangi efisiensi proses kondensasi, yang dapat menimbulkan efek berantai pada tekanan balik turbin, efisiensi proses pembangkitan, dan bahkan kerusakan peralatan, semua hal tersebut dapat secara serius mengganggu kemampuan pembangkit listrik untuk terus beroperasi [7] [8]. Output panas yang tidak terkendali juga dapat berdampak negatif pada lingkungan. Efisiensi transmisi panas dari air ke udara melalui proses evaporasi alami dan konveksi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor iklim di sekitar kolam, termasuk suhu udara sekitar, kelembapan, kecepatan angin, dan tekanan atmosfer, selain suhu air. Akibatnya, sistem pendinginan pembangkit listrik geothermal modern mutlak memerlukan pemantauan real-time terhadap cuaca dan suhu air [9].

Sistem monitoring suhu air dan cuaca di banyak cooling tower PLTP di Indonesia terutama pada instalasi eksisting masih mengandalkan metode manual atau berbasis kabel. Proses pencatatan data secara manual selain menyita waktu juga rentan terhadap keterlambatan deteksi anomali, kesalahan pencatatan, dan berkontribusi pada lambatnya respon terhadap kondisi operasional kritis [10]. Implementasi sistem monitoring berbasis kabel pun menghadapi keterbatasan berupa jarak jangkauan yang terbatas, kerepotan instalasi di area luas dan terpencil, serta ketergantungan pada infrastruktur permanen yang kurang adaptif terhadap kebutuhan relokasi ataupun skalabilitas sistem [11]. Permasalahan semakin kompleks ketika sistem cooling tower berada di area geothermal perbukitan, wilayah berketinggian, atau area industri terpencil, sebab diperlukan sistem monitoring yang handal, hemat daya, dan mampu

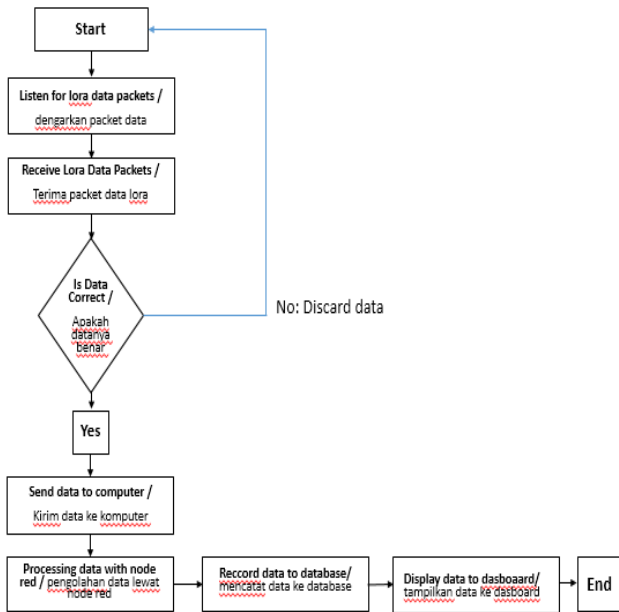
mentransmisikan data secara jarak jauh tanpa ketergantungan pada jaringan telekomunikasi konvensional [12]. Permasalahan monitoring suhu air basin dan variabel cuaca pada cooling tower PLTP geothermal di Indonesia sebagian besar masih berkuat pada pendekatan konvensional yang cenderung manual dan berbasis kabel.

Kondisi ini menyebabkan keterbatasan akses pemantauan secara real-time, rentan terhadap keterlambatan deteksi anomali, serta berisiko menimbulkan human error yang dapat berujung pada menurunnya efisiensi sistem maupun potensi kerusakan unit utama pembangkit [13]. Selain itu, topografi area geothermal yang seringkali terpencil, medan menantang, dan minim infrastruktur komunikasi menambah kompleksitas dalam membangun sistem monitoring yang efektif. Implementasi sistem monitoring suhu air dan cuaca berbasis Internet of Things (IoT) menjadi keniscayaan di era transformasi digital industri, namun pemilihan teknologi komunikasi yang tepat untuk mencakup area luas, hemat daya, dan mudah diadaptasi pada lingkungan dengan jaringan konvensional terbatas menjadi fokus utama tantangan teknis yang dihadapi oleh pemangku kepentingan di sektor ini [14] [15]. Teknologi LoRa (Long Range) menjadi solusi ideal untuk sistem monitoring ini karena memiliki jangkauan komunikasi yang luas, konsumsi daya rendah, dan kemampuan transmisi data dalam kondisi lingkungan yang sulit [16]. Dengan mengintegrasikan sensor suhu dan cuaca menggunakan teknologi LoRa, sistem ini dapat mengirimkan data suhu air di basin serta kondisi cuaca secara real-time ke pusat monitoring [17]. Hal ini memungkinkan operator untuk mengambil tindakan pencegahan lebih cepat serta meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem cooling tower.

Penelitian ini menjadi kontribusi strategis dalam pengembangan sistem monitoring industrial berbasis IoT untuk sektor energi terbarukan di Indonesia. Pengembangan dan implementasi sistem monitoring suhu air basin dan cuaca menggunakan LoRa telah dikaji, dirancang, dan diuji pada skenario lingkungan nyata untuk membuktikan efektivitasnya dalam meningkatkan efisiensi operasional cooling tower, mendukung pengelolaan aset berbasis data, serta meminimalisir potensi gangguan operasional akibat keterlambatan deteksi kondisi kritis. Dengan mengedepankan inovasi pada desain perangkat keras, efisiensi konsumsi daya, fitur penyimpanan lokal, serta kemudahan integrasi dengan sistem IT eksisting, hasil penelitian ini tidak hanya dapat menjadi referensi teknis bagi pelaku industri ataupun otoritas kebijakan sektor energi, tetapi juga menjadi model pengembangan sistem monitoring adaptif yang dapat direplikasi, dimodifikasi, dan dikembangkan lebih lanjut untuk aplikasi monitoring skala besar di industri energi terbarukan nasional maupun internasional.

II. METODE

Metode penelitian ini menekankan pada proses integrasi perangkat keras (hardware) berupa sensor suhu dan mikrokontroler dan modul komunikasi LoRa, serta perangkat lunak (software) untuk monitoring data secara real-time. Penelitian ini juga melibatkan pengujian kinerja sistem dalam kondisi lapangan di lingkungan kerja yang sesungguhnya (on-site testing) untuk memastikan keakuratan data dan kehandalan transmisi LoRa [18]. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, merakit mengimplementasikan sistem



monitoring real-time suhu di cuaca pada basin colling tower dengan memanfaatkan teknologi komunikasi nirkabel LoRa (Long Range).

Gambar 1. Flowchart System

Adapun tahapan dari metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

A. Perencanaan Alat

Perencanaan adalah tahap awal yang sangat penting dalam merancang suatu alat. Pada tahap ini ditentukan rancangan serta langkah-langkah pembuatan yang mencakup pemilihan komponen sesuai kebutuhan agar alat dapat berfungsi optimal. Proses perencanaan mencakup rangkaian tahapan yang saling berkaitan, meliputi perencanaan aspek hardware serta perencanaan (pemrograman) yang menjadi dasar dari system alat tersebut.

B. Perencanaan Hardware

Perencanaan perangkat keras diawali dengan pembuatan blok diagram rancangan secara keseluruhan, kemudian dilanjutkan dengan pemilihan komponen yang sesuai, penyusunan skema rangkaian, serta tahap pemasangan komponen. Pada penelitian ini, komponen yang digunakan meliputi Mikrokontroler ESP32, Transduser, Powerbank, Solarcell, sensor SCL SDA, Terminal Block, LCD 16x2, Sensor Humidity AM2315, sensor arus dan tegangan, Sensor LoRa Shield, PC, Node-RED, serta komponen elektronika pendukung lainnya.

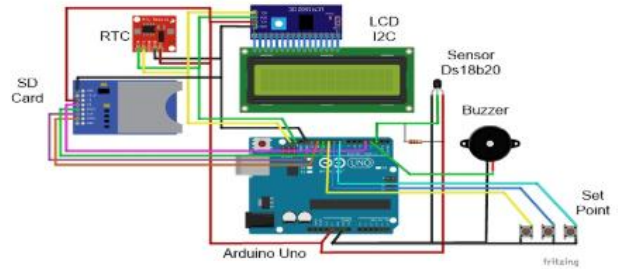
C. Perancangan Alat

Perancangan alat merupakan tahap penting dalam pembuatan yang meliputi perhatian pada prinsip kerja rangkaian, spesifikasi komponen, serta pemilihan komponen yang ekonomis dan mudah diperoleh. Tujuannya adalah menghasilkan alat yang berfungsi optimal, menyelesaikan permasalahan melalui penggabungan prinsip elektronik dan mekanik, serta didukung studi literatur. Proses ini memerlukan skema rangkaian sebagai panduan perakitan dan diagram air (flowchart) untuk memastikan tahapan kerja alat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem monitoring suhu dan cuaca berbasis LoRa yang dikembangkan dan diimplementasikan pada basin cooling

tower telah melalui berbagai tahapan: mulai dari perancangan, perakitan, hingga pengujian di lapangan. Rangkaian utamanya terdiri dari sensor-sensor suhu dan kelembapan yang terhubung ke mikrokontroler ESP32 lalu dikirimkan data hasil pengukuran secara real-time ke node penerima menggunakan modul LoRa SX1278. Seluruh perangkat ditempatkan di dalam casing waterproof untuk memastikan ketahanan terhadap lingkungan industri geothermal yang basah dan penuh uap panas.



Gambar 2 Skema Rangkaian Alat

Secara umum alur kerja pengambilan data dari sensor hingga tampil di dashboard server monitoring. Implementasi sistem ini membutuhkan penyesuaian di lapangan terutama dalam aspek proteksi komponen elektronik dan optimalisasi jangkauan komunikasi LoRa. Antena dipasang dengan orientasi vertikal dan sensor suhu diletakkan sedekat mungkin dengan permukaan air di basin, sehingga data yang diterima mencerminkan kondisi aktual operasional cooling tower. Kotak pelindung perangkat juga diuji ketahanannya terhadap kelembapan dan perubahan suhu ekstrim di lapangan.

Gambar 3. Rangkaian Alat



Pengujian sensor suhu dan kelembapan dilakukan dengan cara membandingkan data hasil sistem monitoring berbasis LoRa, yang telah dirancang, dengan data yang diperoleh dari thermometer digital dan alat ukur cuaca portable yang digunakan secara manual sebagai alat pembanding di lapangan. Prosedur pengujian dilakukan secara bertahap pada beberapa titik pengukuran berbeda di sekitar *basin cooling tower*, baik pada waktu pagi, siang, maupun malam hari, sehingga mampu menangkap variasi data pada berbagai kondisi cuaca dan operasional sehari-hari. Dari pengukuran yang dilakukan secara berulang, hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa sistem monitoring yang dikembangkan mampu memberikan data suhu dengan deviasi rata-rata kurang dari 1°C dibanding thermometer digital,

serta error kelembapan relatif yang tercatat kurang dari 3% terhadap alat ukur *hygrometer portable*.

TABEL 1. TABLE TYPE STYLES

| No | Komponen / Titik Ukur | Hasil Ukur 1 (V) | Hasil Ukur 2 (V) | Hasil Ukur 3 (V) | Hasil Ukur 4 (V) | Hasil Ukur 5 (V) |
|----|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | ESP32 VCC (3.3V) | 3.28 | 3.3 | 3.31 | 3.29 | 3.32 |
| 2 | Regulator 5Output | 4.98 | 5.01 | 5.0 | 4.99 | 5.02 |
| 3 | DHT22 VCC | 3.29 | 3.3 | 3.31 | 3.28 | 3.3 |
| 4 | DHT22 Data | 3.3 | 3.31 | 3.32 | 3.29 | 3.3 |
| 5 | LoRa x VCC | 3.29 | 3.3 | 3.28 | 3.31 | 3.3 |
| 6 | Output Charger | 5.0 | 5.01 | 4.99 | 5.0 | 5.02 |
| 7 | USB Power In | 5.01 | 5.0 | 4.98 | 5.02 | 5.01 |

Performa presisi ini bukan hanya menunjukkan efektivitas kalibrasi sensor dalam sistem, tetapi juga mempertegas bahwa alat yang terintegrasi telah memenuhi standar keandalan untuk kegiatan monitoring di lingkungan industri geothermal yang menuntut akurasi tinggi. Ketelitian sistem dalam merekam fluktuasi suhu maupun perubahan kelembapan lingkungan setiap periode waktu sangat penting, karena mampu memberikan peringatan dini jika terjadi kondisi di luar ambang aman *operasional cooling tower*. Keandalan dan presisi sistem ini juga menjadi dasar kuat bagi pengguna untuk mengambil keputusan cepat terkait kebutuhan perawatan, optimasi operasi pendinginan, maupun tindakan pencegahan di lapangan apabila ditemukan anomali data yang signifikan selama monitoring berlangsung.



Data temperatur memperlihatkan pola naik pada siang

Gambar 4 Penerapan Alat

hari dan menurun pada malam hari, konsisten dengan

dinamika pendinginan pada *cooling tower*. Data kelembapan juga mengikuti perubahan lingkungan, memberikan informasi valid terhadap kondisi sekitar basin. Semua data terekam otomatis ke database, baik untuk monitoring real-time maupun tujuan analisis historis. Jangkauan maksimal komunikasi LoRa pada pengujian di lapangan menunjukkan pada area terbuka tanpa hambatan utama, LoRa mampu menjaga kualitas pengiriman data hingga radius ± 400 meter. Namun, kualitas sinyal mulai menurun pada jarak di atas 500 meter tanpa antena gain tinggi, dan jika ada obstruksi pada lingkup industri.

Monitoring secara *real-time* mengurangi kebutuhan inspeksi manual yang selama ini memerlukan akses fisik ke lokasi basin yang cukup berbahaya dan sulit dijangkau. Operator cukup memantau trend suhu dan kelembapan dari laptop atau perangkat mobile melalui dashboard. Ketika ada penyimpangan, sistem dapat memberikan indikasi dini sehingga langkah perbaikan atau penyesuaian operasional bisa segera dilakukan tanpa tertunda. Dukungan LoRa dengan konsumsi daya rendah juga memungkinkan perangkat monitoring tetap aktif dalam waktu lama tanpa harus sering-sering dilakukan pengisian ulang daya, apalagi sistem telah mendukung penggunaan panel surya di lingkungan terbuka.

Sehingga Sistem ini berhasil melakukan pemantauan suhu dan kelembapan pada cooling tower geothermal secara real-time dengan memanfaatkan teknologi LoRa. Data yang diperoleh akurat, dapat dikirimkan secara nirkabel dengan jangkauan luas, serta ditampilkan secara berkelanjutan melalui dashboard. Hasil ini menunjukkan bahwa tujuan penelitian untuk merancang sistem monitoring suhu dan kelembapan basin cooling tower geothermal telah tercapai dengan baik dan berpotensi diterapkan pada lingkungan industri geothermal.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian, sistem monitoring suhu dan cuaca pada kelembapan cooling tower geothermal energi berbasis LoRa berhasil dirancang serta diimplementasikan dengan baik pada basin cooling tower, mulai dari tahap perancangan perangkat keras, integrasi sensor, hingga visualisasi data pada dashboard secara real-time. Sensor suhu dan kelembapan yang digunakan dalam sistem menunjukkan kemampuan membaca data secara akurat, dengan tingkat deviasi yang sangat rendah terhadap alat ukur perbandingan standar, sehingga dapat dipercaya sebagai sumber utama pemantauan kondisi lingkungan di area basin. Teknologi LoRa yang diterapkan terbukti sangat efektif dalam pengiriman data secara nirkabel pada jarak 400 hingga 500 meter, dengan tingkat keberhasilan pengiriman data yang konsisten mencapai 95%, meskipun pada berbagai tantangan seperti kondisi cuaca ekstrim, kelembapan tinggi, dan topografi area geothermal yang kompleks. Penggunaan konsumsi daya yang rendah memungkinkan perangkat dapat bekerja dalam waktu lama dengan dukungan daya portabel atau panel surya, meningkatkan fleksibilitas dan keandalan sistem di lapangan. Visualisasi data yang dihasilkan melalui *dashboard monitoring* secara *real-time* memudahkan operator dan personel terkait dalam melakukan pengawasan dan pengambilan keputusan, karena setiap perubahan suhu atau kelembapan dapat dipantau kapan saja dan di mana saja tanpa perlu inspeksi manual berulang, sehingga mengurangi

risiko keterlambatan respon terhadap anomali atau gangguan potensial pada sistem pendinginan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh dosen, staf Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Bina Darma, serta rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan semangat, bantuan teknis, serta motivasi dalam pelaksanaan dan penyusunan penelitian ini. Tak lupa, penghargaan disampaikan kepada pihak-pihak di lokasi penelitian dan semua pihak yang telah memberikan bantuan, informasi, dan kerjasama, sehingga penelitian dan pengembangan sistem monitoring dengan teknologi LoRa ini dapat berjalan lancar hingga selesai. penelitian.

REFERENSI

- [1] I. Saputra and A. Mursadin, "Analisis Temperatur Lingkungan Terhadap Kinerja Cooling Tower Di Pt. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. P-12 Tarjun Kalimantan - Selatan," *Jtam Rotary*, vol. 3, no. 2, pp. 159–172, 2021, doi: 10.20527/jtam_rotary.v3i2.4140.
- [2] A. Muhsin and Z. Pratama, "Analisis Efektivitas Mesin Cooling Tower Menggunakan Range and Approach," *J. OPSI*, vol. 11, no. 2, p. 119, 2018, doi: 10.31315/opsi.v11i2.2552.
- [3] A. Apridialianti and Melikias, "Analisa Performa Pada Cooling Tower Jenis Mechanical Draft Crossflow," *J. Energi*, vol. 10, no. 1, pp. 24–28, 2021, doi: 10.35313/energi.v10i1.2321.
- [4] F. Rozie, Y. Chandra, and I. Suwanda, "Monitoring Konsumsi Energi LPJU Panel Surya Berbasis LoRa dengan Fuzy Inference System," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 24–32, 2025.
- [5] A. Mangeber, G. Mangindaan, P. Manembu, and R. F. Robot, "Monitoring Temperatur Air dan Kecepatan Fan Cooling water Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Siklus Biner," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [6] R. Kusumah, H. I. Islam, and Susilawati, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis Internet of Things (IoT) Pada Ruang Data Center," *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 7, no. 1, pp. 82–88, 2023, doi: 10.30871/jaic.v7i1.5199.
- [7] F. Vinola and A. Rakhman, "Sistem Monitoring dan Controlling Suhu Ruangan Berbasis Internet of Things," *J. Tek. elektro dan Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 117–126, 2020.
- [8] F. Akbar and S. Sugeng, "Implementasi Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Ruangan Penyimpanan Obat Berbasis Internet Of Things (IoT) di Puskesmas Kecamatan Taman Sari Jakarta Barat," *J. Sos. Teknol.*, vol. 1, no. 9, pp. 1021–1028, 2021, doi: 10.59188/jurnalsostech.v1i9.198.
- [9] R. N. Dasmen, Darwin, M. Aldeno, and D. Febriyanti, "Implementasi Penutup Mangkok Getah Karet untuk Peningkatan Kualitas Panen Getah Karet," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 279–280, 2025.
- [10] M. A. Ridla and M. F. Rahman, "Perancangan Prototype Monitoring Suhu Berbasis Internet Of Things (IoT)," *JUSIFOR J. Sist. Inf. dan Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 72–79, 2024, doi: 10.33379/jusifor.v3i1.4367.
- [11] R. Rahman and A. Mursadin, "Analisis Kinerja Cooling Tower Menggunakan Metode Range Dan Approach Di Pltu Asam-Asam," *Jtam Rotary*, vol. 4, no. 2, p. 129, 2022, doi: 10.20527/jtam_rotary.v4i2.6411.
- [12] D. Hidayat and I. Sari, "MONITORING SUHU DAN KELEMBABAN BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT)," *J. Teknol. Dan Ilmu Komput. Prima*, vol. 4, no. 1, pp. 525–530, 2021, doi: 10.34012/jutikomp.v4i1.1676.
- [13] R. N. Dasmen and R. Akbar, "Air Quality Monitoring System and Air Neutralizer in Hotel Rooms with Notification Via Telegram," *J. Tech-E*, vol. 6, no. 2, pp. 17–24, 2023, [Online]. Available: <http://bsti.ubd.ac.id/e-jurnal>
- [14] K. Amri, A. Apridialianti, Melkias, and A. Mashar, "Analisis Pengaruh Musin Kemarau Dan Musim Hujan Terhadap Kinerja Cooling Tower Di Pltu Cirebon Unit 1," *J. Energi*, vol. 11, no. 2, pp. 36–41, 2022, doi: 10.35313/energi.v11i2.3518.
- [15] F. M. Panjaitan and I. Z. Putra, "Analisis Pengaruh Temperatur Ambient Terhadap Kinerja Cooling Tower Unit 2 Berdasarkan Evaluasi Range dan Approach pada PLTGU PT Mitra Energi Batam," *J. Integr.*, vol. 17, no. 1, pp. 32–39, 2025, doi: 10.30871/ji.v17i1.9344.
- [16] F. Ratuahaji and Mantasia, "Optimalisasi Energi dan Proteksi Sistem Listrik Tiga Fasa Berbasis IoT," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 272–278, 2025.
- [17] M. R. Pradana, A. K. Dewi, N. A. Septiani, A. S. Pradhana, M. Ramdhan, and W. T. Nugroho, "Performance analysis cooling tower type induced draft with PVC plate filling material," *Disseminating Inf. Res. Mech. Eng. Polimesin*, vol. 21, no. 1, pp. 152–157, 2023, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/polimesin>
- [18] D. I. Pellu, S. Kasmungin, R. Sitaresmi, and Y. Yunis, "Optimasi Hasil Eksplorasi Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP) Tulehu dengan Pembangkit Siklus Biner," *Kocenin Ser. Konf.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2021.