

Implementasi Sistem *IoT* untuk Pemantauan Kelembaban dan Suhu pada Ruang Penyimpanan Vaksin dan Obat di Puskesmas Banjarbaru Selatan

Rahmad Oktafiansyah^{*1}, Nurma Sari¹, Sri Cahyo Wahyono¹, Eka Suarso¹, Arfan Eko Fahrudin¹,
Muhammad Aghil Surya Syahputra¹, Muhammad Fadhil Syahputra¹, Muhammad Eizi Nugroho¹,
Sefianus Gulo¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat

*Penulis korespondensi: rahmad.oktafiansyah@ulm.ac.id

Received: 07 Maret 2026/ Accepted: 25 Mei 2026

Abstract

This community service program aims to improve the quality of medicine and vaccine storage at Banjarbaru Selatan Public Health Center (Puskesmas Banjarbaru Selatan) through the implementation of an Internet of Things (IoT)-based temperature and humidity monitoring system. The activity was initiated due to the limited facilities following the relocation of the health center to a new building, including the absence of proper environmental monitoring equipment in the storage room. The developed IoT system utilizes an ESP32 WROVER Devkit microcontroller as the main controller, integrated with an SHT22 sensor, a 0.96-inch OLED display, and a buzzer alarm, which transmit real-time monitoring data via Wi-Fi. The community service was carried out in four main stages: preparation, implementation, mentoring, and evaluation. The results show that the system functioned effectively in monitoring the temperature and humidity of the storage room and provided early warnings of abnormal conditions. However, field evaluation indicated the need for an Android-based application to enable more flexible and mobile monitoring through smartphones. This program demonstrates the practical application of appropriate technology to enhance the quality of healthcare services at the community health center level.

Keywords: *Internet of Things; temperature and humidity; vaccine; medicine; Banjarbaru Selatan Health Center*

Abstrak

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas penyimpanan obat dan vaksin di Puskesmas Banjarbaru Selatan melalui penerapan sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis Internet of Things (IoT). Latar belakang kegiatan ini berawal dari kondisi pasca-relokasi puskesmas ke bangunan baru yang menyebabkan keterbatasan fasilitas, termasuk ruang penyimpanan obat dan vaksin yang belum dilengkapi alat pemantauan lingkungan. Sistem IoT yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 WROVER Devkit sebagai pusat kendali, dilengkapi dengan sensor SHT22, layar OLED 0.96 inci, dan buzzer peringatan yang terhubung dengan koneksi Wi-Fi untuk pengiriman data secara real-time. Kegiatan pengabdian dilaksanakan melalui empat tahapan utama, yaitu persiapan, pelaksanaan, pendampingan, dan evaluasi. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu berfungsi dengan baik dalam memantau suhu dan kelembaban ruang penyimpanan serta memberikan notifikasi dini terhadap perubahan ekstrem. Namun, hasil evaluasi lapangan menunjukkan perlunya pengembangan sistem berbasis Android agar pemantauan dapat dilakukan dengan lebih fleksibel dan mudah diakses melalui perangkat seluler. Kegiatan ini memberikan kontribusi nyata dalam penerapan teknologi tepat guna untuk mendukung peningkatan mutu pelayanan kesehatan di tingkat puskesmas.

Kata kunci: *Internet of Things, suhu dan kelembaban, vaksin, obat, Puskesmas Banjarbaru Selatan*

1. PENDAHULUAN

Puskesmas Banjarbaru Selatan merupakan salah satu fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama di Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan, yang memiliki peran strategis dalam memberikan Layanan Kesehatan dasar kepada masyarakat. Pada tanggal 3 Februari 2025,

Puskesmas ini mengalami relokasi ke gedung baru yang sebelumnya merupakan area bekas Pasar Bauntung. Perpindahan lokasi tersebut membawa sejumlah konsekuensi terhadap sarana dan prasarana pelayanan kesehatan (Tocchetto, Saurin, & dos Santos, 2025). Sebagai gedung bekas pasar, bangunan baru ini belum sepenuhnya memenuhi standar kebutuhan medis, terutama dalam hal penyediaan fasilitas penyimpanan obat dan vaksin yang memadai (Aisyah et al., 2025). Beberapa peralatan dan sistem pendukung masih terbatas, termasuk belum adanya sistem pemantauan otomatis untuk suhu dan kelembaban ruang penyimpanan obat dan vaksin (Wasir et al., 2025).

Kondisi ruang penyimpanan memiliki peran penting dalam menjaga kualitas, efektivitas, dan keamanan obat serta vaksin (Cabezas et al., 2025). Suhu dan kelembaban yang tidak terkontrol dapat menyebabkan perubahan komposisi kimia maupun penurunan potensi bahan aktif di dalamnya (Singh, Dwivedi, & Srivastava, 2020). Vaksin yang terpapar suhu di luar batas rekomendasi dapat kehilangan efektivitasnya, sementara obat-obatan tertentu dapat mengalami degradasi atau kerusakan yang tidak tampak secara kasat mata (Smith & Colleagues, 2024). Hal ini tentu berisiko menurunkan mutu pelayanan kesehatan, karena obat dan vaksin yang telah rusak dapat berdampak pada hasil terapi atau efektivitas imunisasi yang diberikan kepada masyarakat (van Hoof et al., 2024). Oleh sebab itu, pemantauan kondisi penyimpanan yang akurat dan berkelanjutan menjadi kebutuhan yang mendesak di Puskesmas Banjarbaru Selatan pasca relokasi (Tocchetto, Saurin, & dos Santos, 2025).

Selama ini, pemantauan suhu dan kelembaban di ruang penyimpanan masih dilakukan secara manual oleh petugas, yang memiliki keterbatasan dalam hal keakuratan dan kontinuitas (Ramani, Kameswari, & Kumar, 2025). Ketergantungan pada pengukuran manual dapat menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi perubahan kondisi yang berpotensi merusak obat dan vaksin (Nabão et al., 2025). Dengan perkembangan teknologi digital, khususnya *Internet of Things* (IoT), kini tersedia solusi yang memungkinkan proses pemantauan dilakukan secara otomatis, *real-time*, dan dapat diakses dari jarak jauh (Rahman et al., 2025). Melalui sistem IoT, sensor suhu dan kelembaban dapat dikoneksikan ke jaringan internet untuk mengirimkan data secara kontinu dan memberikan notifikasi jika terjadi penyimpangan dari batas yang ditetapkan.

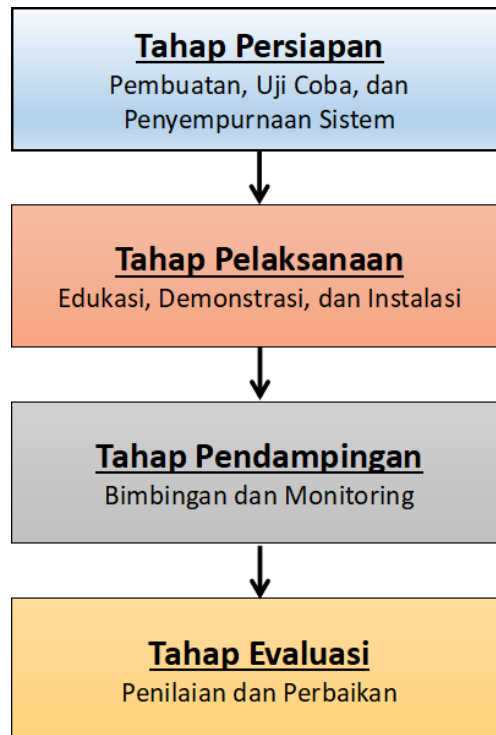
Implementasi sistem IoT untuk pemantauan suhu dan kelembaban pada ruang penyimpanan obat dan vaksin di Puskesmas Banjarbaru Selatan menjadi langkah yang sangat relevan dan mendesak. Selain untuk memastikan stabilitas kualitas obat dan vaksin, penerapan sistem ini juga menjadi bentuk penerapan hasil penelitian dan inovasi teknologi dari perguruan tinggi kepada masyarakat (Sivala et al., 2025). Melalui kegiatan pengabdian masyarakat ini, diharapkan dapat terjadi transfer pengetahuan dan teknologi kepada tenaga teknis dan petugas farmasi di Puskesmas, sehingga mereka dapat melakukan pemantauan secara mandiri dan efisien (Wasir et al., 2025).

Dengan adanya sistem pemantauan berbasis IoT, kualitas obat dan vaksin dapat lebih terjaga, pelayanan kesehatan menjadi lebih optimal, dan risiko kerusakan akibat kondisi lingkungan yang tidak sesuai dapat diminimalkan. Kegiatan ini juga diharapkan menjadi model implementasi yang dapat direplikasi oleh Puskesmas lain di wilayah Kalimantan Selatan yang menghadapi kendala serupa dalam menjaga mutu penyimpanan obat dan vaksin.

2. METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan sebagai bentuk penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi berbasis Fisika, dalam mendukung peningkatan mutu pelayanan kesehatan di Puskesmas Banjarbaru Selatan, khususnya pada aspek pengelolaan dan penyimpanan obat serta vaksin. Metodologi seperti yang disajikan pada Gambar 1, dirancang agar kegiatan dapat berjalan secara sistematis, terukur, dan berkelanjutan mulai dari tahap perencanaan hingga tahap evaluasi.

Pelaksanaan kegiatan ini dilakukan melalui beberapa tahapan utama, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, tahap pendampingan, dan tahap evaluasi. Pada tahap persiapan dilakukan perancangan serta pembuatan sistem *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan suhu dan kelembaban ruang penyimpanan obat dan vaksin. Tahap pelaksanaan meliputi kegiatan edukasi, demonstrasi, serta instalasi sistem di lokasi Puskesmas. Selanjutnya dilakukan tahap pendampingan untuk memastikan petugas mampu mengoperasikan sistem secara mandiri. Tahap terakhir adalah evaluasi, yang bertujuan untuk menilai efektivitas sistem dan dampaknya terhadap peningkatan kualitas penyimpanan obat dan vaksin di Puskesmas Banjarbaru Selatan.



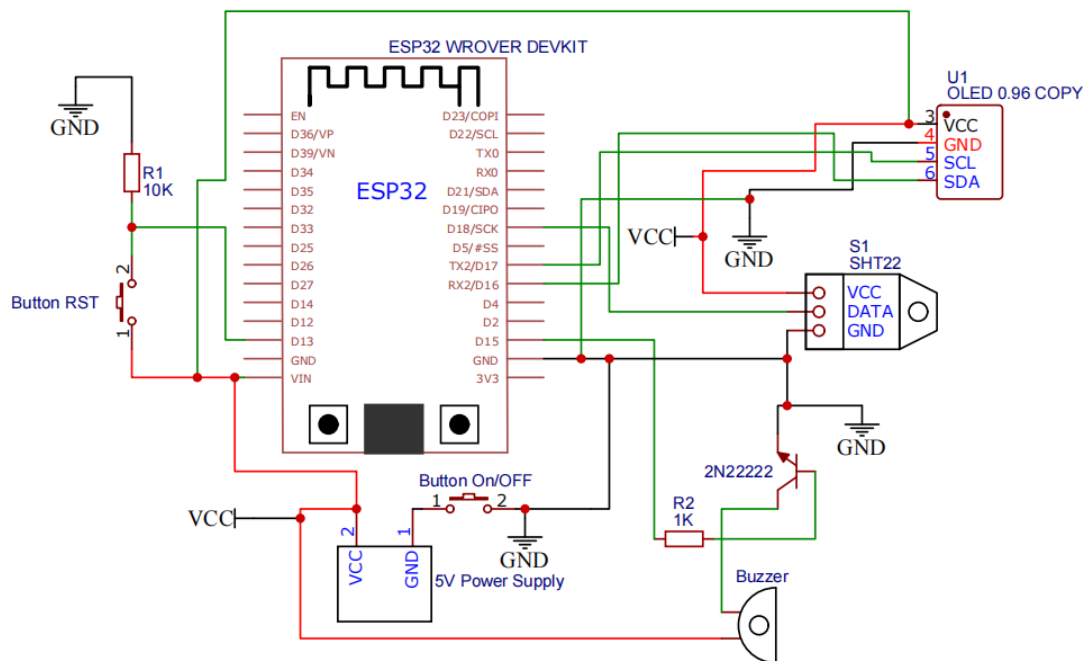
Gambar 1. Alur pelaksanaan pengabdian masyarakat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi sebelum kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan, Puskesmas Banjarbaru Selatan masih menghadapi keterbatasan dalam pengelolaan pemantauan suhu dan kelembaban ruang penyimpanan obat dan vaksin. Pemantauan kondisi lingkungan dilakukan secara manual dan periodik dengan alat ukur konvensional, sehingga bergantung pada kedisiplinan petugas dan tidak mampu memberikan informasi secara kontinu. Selain itu, pencatatan data suhu dan kelembaban masih bersifat administratif tanpa dukungan sistem peringatan dini, sehingga potensi terjadinya penyimpangan kondisi lingkungan sering kali baru diketahui setelah dilakukan pengecekan rutin. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan dan keterampilan petugas dalam pemanfaatan teknologi pemantauan berbasis digital masih terbatas, serta belum adanya sistem yang mampu mendukung pengambilan keputusan cepat untuk menjaga mutu obat dan vaksin sesuai standar pelayanan kefarmasian.

Pengabdian ini diawali dengan proses perancangan sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis *Internet of Things* (IoT) yang bertujuan untuk menjaga kualitas penyimpanan obat dan vaksin di Puskesmas Banjarbaru Selatan. Seperti yang ditunjukkan

pada Gambar 2, sistem ini dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 WROVER Devkit sebagai pusat kendali utama yang mengintegrasikan beberapa komponen penting, yaitu sensor SHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban secara akurat, serta layar OLED 0.96 inci yang berfungsi menampilkan data hasil pengukuran secara langsung melalui jalur komunikasi I²C. Selain itu, sistem dilengkapi dengan *buzzer* sebagai indikator peringatan apabila suhu atau kelembaban melebihi batas yang ditetapkan, dengan pengendalian berbasis transistor 2N2222 untuk memastikan respon yang cepat dan stabil. Untuk mendukung pengoperasian sistem, digunakan tombol reset (RST) dan tombol On/Off yang masing-masing dikonfigurasi dengan *resistor pull-up* 10 k Ω agar sinyal tetap stabil saat proses input dilakukan. Seluruh rangkaian mendapatkan pasokan daya dari catu daya 5V yang dihubungkan ke pin VIN pada modul ESP32, sehingga sistem mampu bekerja secara mandiri. Data hasil pengukuran dikirimkan secara *real-time* melalui koneksi Wi-Fi ke server pemantauan, memungkinkan petugas puskesmas memonitor kondisi suhu dan kelembaban ruang penyimpanan obat dan vaksin secara efisien dari jarak jauh serta memberikan peringatan dini apabila terjadi penyimpangan.

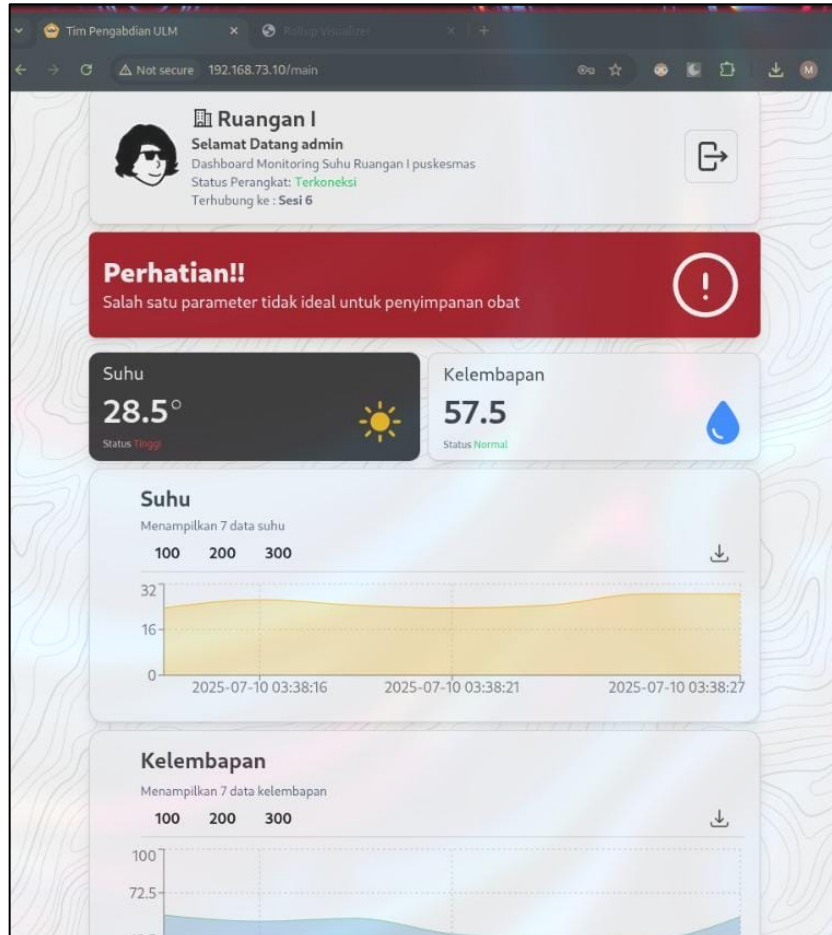


Gambar 2. Cetak biru rancangan sistem sensor terintegrasi IoT

Instrumen yang telah melalui proses perakita, dilakukan uji coba sistem di laboratorium untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi sesuai dengan rancangan. Uji coba difokuskan pada keakuratan pembacaan sensor SHT22, kestabilan koneksi Wi-Fi dari modul ESP32, serta tampilan data pada layar OLED. Pengujian dilakukan dalam beberapa kondisi suhu dan kelembaban yang bervariasi untuk mengamati respons sistem terhadap perubahan lingkungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu membaca perubahan suhu dan kelembaban dengan respons cepat dan ditampilkan secara akurat pada layar OLED. Selain itu, sistem notifikasi dengan buzzer juga berfungsi dengan baik, memberikan peringatan ketika parameter lingkungan melebihi ambang batas yang ditentukan. Tampilan pada perangkat komputer juga dirancang seperti pada Gambar 3, untuk mempermudah pembacaan informasi kelembaban dan suhu.

Tahapan berikutnya adalah penyempurnaan produk (Gambar 4), yang dilakukan berdasarkan hasil evaluasi uji coba. Beberapa penyesuaian dilakukan pada bagian koneksi kabel dan pengaturan sumber daya agar sistem lebih stabil dan efisien saat digunakan di

lapangan. Selain itu, dilakukan optimasi pada program mikrokontroler untuk memperbaiki kestabilan komunikasi data antara sensor dan dashboard pemantauan berbasis web. Hasil akhir dari tahap persiapan ini adalah prototipe sistem IoT yang telah berfungsi secara optimal, siap untuk diimplementasikan di Puskesmas Banjarbaru Selatan sebagai alat pemantauan suhu dan kelembaban ruang penyimpanan obat dan vaksin secara *real-time* dan berkelanjutan.



Gambar 3. Tampilan website pemantauan suhu dan kelembaban



Gambar 4. Sensor kelembaban dan suhu berbasis IoT

Setelah produk sensor berbasis IoT telah rampung, kegiatan pengabdian kepada masyarakat memasuki tahap pelaksanaan yang dilaksanakan pada tanggal 31 Juli 2025 di Puskesmas Banjarbaru Selatan. Pada tahap ini, tim dosen bersama mahasiswa menyerahkan (Gambar 5) secara resmi alat sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis IoT yang telah selesai dirancang dan diuji sebelumnya. Penyerahan alat ini dilakukan kepada pihak Puskesmas sebagai bentuk dukungan terhadap peningkatan kualitas pelayanan kesehatan, khususnya dalam menjaga mutu penyimpanan obat dan vaksin. Kegiatan serah terima ini disertai dengan penjelasan singkat mengenai spesifikasi alat, prinsip kerja sistem, serta manfaat yang diharapkan dari penerapan teknologi IoT dalam lingkungan fasilitas kesehatan.



Gambar 5. Penyerahan produk kepada Kepala Instalasi Farmasi dan Tim

Tahap berikutnya, dilakukan kegiatan edukasi kepada tenaga kesehatan dan petugas instalasi farmasi mengenai pentingnya pemantauan suhu dan kelembaban pada ruang penyimpanan obat dan vaksin. Edukasi ini menekankan bahwa fluktuasi suhu dan kelembaban dapat menurunkan efektivitas obat dan merusak struktur vaksin, sehingga diperlukan sistem yang mampu memantau kondisi lingkungan secara kontinu dan memberikan peringatan dini bila terjadi penyimpangan. Dalam sesi ini juga dijelaskan bagaimana teknologi IoT bekerja dalam mengirimkan data secara *real-time*, serta bagaimana sistem ini dapat membantu petugas puskesmas untuk melakukan pemantauan secara lebih efisien tanpa harus melakukan pengecekan manual secara berkala. Berikutnya dilakukan demonstrasi penggunaan alat di ruang penyimpanan obat dan vaksin. Tim pengabdian menunjukkan cara mengoperasikan sistem mulai dari menyalakan alat, membaca hasil pengukuran pada layar OLED, hingga memahami indikator peringatan melalui buzzer apabila suhu atau kelembaban melampaui batas aman. Setelah proses demonstrasi, dilakukan instalasi permanen sistem di ruang penyimpanan instalasi farmasi Puskesmas Banjarbaru Selatan, dengan memastikan posisi sensor dan perangkat sesuai agar dapat mendeteksi kondisi lingkungan secara optimal. Petugas puskesmas kemudian dilatih untuk melakukan perawatan sederhana, seperti kalibrasi sensor, pengecekan

konektivitas, serta pengelolaan data pemantauan. Dengan terpasangnya alat ini, diharapkan pengendalian kualitas obat dan vaksin dapat berjalan lebih baik, serta mendukung pelayanan kesehatan yang aman dan bermutu. Pada sesi ini, juga dibuat dokumentasi (Gambar 6) sebagai simbol sudah terlaksannya kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Puskesmas Banjarbaru Selatan dengan baik.



Gambar 6. Suasana Pelaksanaan Pengabdian

Proses instalasi dan pelatihan penggunaan alat selesai dilakukan, kegiatan pengabdian dilanjutkan dengan tahap pendampingan selama dua bulan, yakni dari Agustus hingga September 2025. Pada tahap ini, tim pengabdian secara rutin melakukan pemantauan terhadap kinerja sistem pemantauan suhu dan kelembaban yang telah dipasang di ruang penyimpanan obat dan vaksin Puskesmas Banjarbaru Selatan. Pendampingan dilakukan dengan metode kunjungan lapangan dan komunikasi daring untuk memastikan alat berfungsi dengan baik, data dapat terkirim secara *real-time*, serta petugas puskesmas mampu mengoperasikan sistem secara mandiri. Selama periode tersebut, alat bekerja dengan stabil dan memberikan informasi yang akurat terhadap kondisi suhu dan kelembaban ruangan.

Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan melalui kuesioner dan observasi selama tahap pendampingan, implementasi sistem IoT ini menunjukkan adanya peningkatan yang nyata pada kapasitas mitra. Tingkat pemahaman petugas instalasi farmasi terhadap pentingnya pemantauan suhu dan kelembaban ruang penyimpanan obat dan vaksin meningkat dari kondisi awal sebesar 45% menjadi 85% setelah kegiatan edukasi dan pelatihan. Selain itu, keterampilan mitra dalam mengoperasikan sistem pemantauan berbasis IoT, termasuk membaca data, memahami notifikasi peringatan, dan melakukan perawatan sederhana, mengalami peningkatan dari 40% menjadi 80%. Dari sisi kepuasan pengguna, sebanyak 88% petugas menyatakan bahwa sistem yang diterapkan memudahkan proses pemantauan dibandingkan metode manual sebelumnya. Peningkatan pengetahuan dan keterampilan ini berdampak langsung pada keandalan pengelolaan ruang

penyimpanan obat dan vaksin, yang kini dapat dipantau secara real-time dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Dengan demikian, keberhasilan kegiatan PKM ini tercermin tidak hanya pada kinerja alat yang berfungsi optimal, tetapi terutama pada perubahan perilaku kerja dan peningkatan kualitas pelayanan kefarmasian di Puskesmas Banjarbaru Selatan. Selain itu, hasil evaluasi penggunaan alat oleh petugas puskesmas, ditemukan bahwa sistem pemantauan yang berbasis *web interface* pada komputer atau laptop masih memiliki keterbatasan dalam hal mobilitas. Petugas farmasi yang sering berpindah tempat atau melakukan tugas di luar ruangan merasa kesulitan untuk terus memantau kondisi ruang penyimpanan, karena perangkat komputer tidak selalu mudah diakses atau dibawa ke berbagai lokasi. Hal ini menimbulkan kebutuhan akan sistem yang lebih fleksibel dan mudah diakses kapan pun dibutuhkan. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, tim pengabdian kemudian merekomendasikan pengembangan sistem monitoring berbasis Android (Gambar 7) agar pemantauan dapat dilakukan melalui smartphone. Dengan demikian, petugas dapat memantau suhu dan kelembaban ruang penyimpanan obat serta menerima notifikasi peringatan secara langsung melalui aplikasi di ponsel mereka. Pengembangan sistem berbasis Android ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemantauan, memperluas jangkauan akses data, serta memberikan kemudahan dalam menjaga mutu dan kestabilan obat serta vaksin di Puskesmas Banjarbaru Selatan



Gambar 7. Pengembangan monitoring sensor kelembaban dan suhu berbasis *Android*

4. KESIMPULAN

- a. Kegiatan pengabdian ini berhasil mengimplementasikan sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis Internet of Things (IoT) pada ruang penyimpanan obat dan vaksin instalasi farmasi. Sistem yang dikembangkan mampu bekerja secara real-time, menampilkan data suhu dan kelembaban secara akurat, serta memberikan peringatan dini ketika terjadi penyimpangan kondisi lingkungan, sehingga mendukung pengawasan kualitas penyimpanan obat dan vaksin secara lebih andal dibandingkan metode manual sebelumnya.
- b. Melalui tahapan perancangan, pembuatan, edukasi, demonstrasi, instalasi, dan pendampingan, terjadi peningkatan pengetahuan dan keterampilan petugas puskesmas dalam melakukan pemantauan kondisi lingkungan penyimpanan obat dan vaksin secara mandiri dan berkelanjutan. Mitra tidak hanya mampu mengoperasikan sistem, tetapi juga memahami pentingnya pengendalian suhu dan kelembaban sebagai bagian dari upaya menjaga mutu pelayanan kefarmasian.
- c. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penerapan sistem IoT ini memberikan kemudahan dan efisiensi bagi petugas dalam proses pemantauan, serta meningkatkan keandalan pengelolaan ruang penyimpanan obat dan vaksin. Meskipun demikian, untuk meningkatkan fleksibilitas dan mobilitas pemantauan, diperlukan pengembangan lanjutan berupa sistem monitoring berbasis aplikasi Android agar data dan notifikasi dapat diakses secara lebih praktis kapan pun dan di mana pun dibutuhkan.
- d. Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini tidak hanya menghasilkan solusi teknologi tepat guna, tetapi juga memberikan dampak positif berupa perubahan pola kerja, peningkatan kesadaran, serta penguatan kapasitas mitra dalam mendukung pelayanan kesehatan yang aman, bermutu, dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan dukungan pendanaan terhadap kegiatan pengabdian ini melalui skema PkM PDWA.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, D. N., Setiawan, A. H., Mayadewi, C. A., Lokopessy, A. F., Kozlakidis, Z., & Manikam, L. (2025). Understanding health information systems utilization across public health centers in Indonesia: Cross-sectional study. *JMIR Medical Informatics*, 13, e68613. <https://doi.org/10.2196/68613>
- Cabezas, M. P., Carvajal, J. D., Vivas, F. Y., & Lopez, D. M. (2025). Smart monitoring system for temperature and relative humidity adapted to the specific needs of the Colombian pharmaceutical service. *IoT*, 6(1), 15. <https://doi.org/10.3390/iot6010015>
- Nabão, J., Amaral, A. M. R., & Sá, F. (2025). IoT-based real-time temperature monitoring in critical systems: A review. *IgMin Research*, 3(5), 226–234. <https://doi.org/10.61927/igmin303>
- Rahman, M. H., Reza, M. M., Ferdous, R., Naderuzzaman, & Kashem, M. A. (2025). Development of an IoT-based thermologger for real-time temperature monitoring. *Internet of Things and Cloud Computing*, 13(2), 28–37. <https://doi.org/10.11648/j.iotcc.20251302.11>
- Rahman, M. M., Islam, M. R., & Hossain, M. S. (2025). IoT-enabled stability chamber for the pharmaceutical industry. *Proceedings of the 3rd International Conference on Computing Advancements*. <https://doi.org/10.1145/3723178.3723265>

- Ramani, E. S., Kameswari, P., & Kumar, A. P. (2025). IoT in supply chain management: A focus on the pharmaceutical industry. *International Journal of Social Impact*, 10(2), 533–540. <https://doi.org/10.25215/2455/1002051>
- Singh, R., Dwivedi, A. D., & Srivastava, G. (2020). Internet of Things-based blockchain for temperature monitoring and counterfeit pharmaceutical prevention. *Sensors*, 20(14), 3951. <https://doi.org/10.3390/s20143951>
- Sivala, V. M., Terlapu, P. V., Vikranth, J., Hasritha, T., Rao, I. D., & Varun, A. (2025). Automated temperature control and alerting system for pharmaceutical storage. *Grenze International Journal of Engineering and Technology*, 11(2), 13790–13795. Grenze ID: 01.GIJET.11.2.660_22.
- Smith, J., & Colleagues. (2024). Impact of climate change on vaccine responses and inequity. *Journal of Global Health*, 14, 12021. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2024.13306>
- Tocchetto, N. M., Saurin, T. A., & dos Santos, H. B. (2025). Relocation of hospital facilities: Guidelines for resilient performance. *BMC Health Services Research*, 25(1), 414. <https://doi.org/10.1186/s12913-025-12339-y>
- Van Hoof, S. J. M., Kroese, M. E. A. L., Spreeuwenberg, M. D., Elissen, A. M. J., & Ruwaard, D. (2024). Citizens' perspectives on relocating care: A scoping review. *BMC Health Services Research*, 24(1), 202. <https://doi.org/10.1186/s12913-024-10671-3>
- Wasir, R., Rahmadhan, M. A. W. P., Azzahro, F., Arjadi, R., Jaya, I. G. N. M., & Basrowi, R. W. (2025). Strengthening health system resilience through digital health: Challenges and prospects in Indonesia's rural and remote regions – A scoping review protocol. *The Open Public Health Journal*, 18, e18749445393540. <https://doi.org/10.2174/18749445-v18-e240929-2024-79>