

Penerapan *Smart Laboratory* Berbasis *Internet of Things* untuk Meningkatkan Keamanan dan Keselamatan di Laboratorium Komputer Universitas Muhammadiyah Pontianak

Fitri Wibowo^{1*}, Suheri², Muhammad Hasbi³, Neny Firdyanti⁴, Budianingsih⁵, Ferry Faisal⁶, Yasir Arafat⁷

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Politeknik Negeri Pontianak, Pontianak, Indonesia

* fitri.wibowo@polnep.ac.id

Received 19-01-2024

Revised 29-01-2024

Accepted 31-01-2024

ABSTRAK

Laboratorium Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Pontianak belum dilengkapi dengan *monitoring system* untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan pengguna. Pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan menerapkan sebuah sistem *smart laboratory* dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan di laboratorium komputer tersebut. Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian ini adalah dengan pembuatan *node* sensor IoT serta melakukan pelatihan dan sosialisasi kepada pengguna laboratorium. *Node* sensor IoT dilengkapi sensor untuk memantau kondisi laboratorium seperti status pintu, pendeteksi asap, serta parameter kualitas udara. Data sensor dikirim ke server dan ditampilkan pada *dashboard* web agar kondisi laboratorium dapat dipantau secara daring dari mana saja dan kapan saja. Hasilnya, kemampuan pemantauan laboratorium meningkat sehingga keamanan dan keselamatan pengguna laboratorium lebih terjamin. Penerapan sistem *smart laboratory* berbasis *Internet of Things* sangat penting untuk menjaga keamanan fasilitas laboratorium serta keselamatan penggunanya.

Kata kunci: *Internet of Things*; Keamanan Laboratorium; Laboratorium Pintar

ABSTRACT

The Informatics Engineering Laboratory at Universitas Muhammadiyah Pontianak currently has not been equipped with monitoring system, posing a potential risk to user safety. This community service initiative aims to enhance security by implementing a smart laboratory system through the integration of Internet of Things (IoT) technology. The approach involves creating IoT sensor nodes and providing training to laboratory users. These sensor nodes, equipped with various sensors, monitor conditions like door status, smoke, and air quality. Data from these sensors is transmitted to a server and accessible via a web dashboard, enabling real-time online monitoring from any location. Consequently, the laboratory's monitoring capabilities are significantly enhanced, ensuring the safety of users. The implementation of an IoT-based smart laboratory system is crucial for safeguarding both the facility and its occupants, emphasizing the importance of technological advancements in maintaining a secure laboratory environment.

Keywords: *Internet of Things*; Laboratory Security; Smart Laboratory

PENDAHULUAN

Laboratorium pada sebuah institusi pendidikan tinggi merupakan sebuah fasilitas pendukung kegiatan akademik yang dapat berwujud ruang tertutup atau terbuka, bersifat *mobile* atau permanen, serta dioperasikan secara terencana untuk kegiatan khusus seperti kalibrasi, pengujian, dan produksi dalam skala terbatas.

Pengelolaan laboratorium ini dilakukan dengan pendekatan sistematis, memanfaatkan peralatan dan bahan sesuai dengan metode keilmuan tertentu. Fungsi laboratorium ini merupakan bagian integral dari pelaksanaan tugas tri dharma perguruan tinggi, yang mencakup pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat (Maftuh, 2019).

Untuk memastikan laboratorium dapat beroperasi secara efisien dan aman, pentingnya tata kelola yang baik tidak bisa diabaikan. Ada berbagai faktor penting dalam tata kelola laboratorium, termasuk pengaturan alat, bahan, dan sumber daya, serta pengelolaan proses-proses internal. Khususnya dalam hal pengelolaan peralatan, bahan, dan fasilitas laboratorium, kehadiran sistem yang mendukung pengawasan ketat menjadi krusial untuk menjamin keamanan dan keselamatan bagi para pengguna laboratorium. Teknologi *Internet of Things* (IoT) merupakan salah satu solusi canggih yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan aspek keamanan dan keselamatan di laboratorium. Teknologi ini memungkinkan pemantauan yang lebih efektif dan terintegrasi, yang pada akhirnya akan meningkatkan standar keamanan dan efisiensi operasional laboratorium.

Salah satu laboratorium pendidikan dan pengajaran yang ada di wilayah Kalimantan Barat khususnya kota Pontianak adalah laboratorium Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Pontianak di bawah Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer (*Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak*, 2022). Laboratorium tersebut memiliki dua (2) buah ruangan yang masing-masing berkapasitas maksimal 40 mahasiswa. Di dalam masing-masing ruangan terdapat komputer desktop (PC) yang digunakan untuk Proses Belajar Mengajar (PBM). Selain komputer, terdapat berbagai macam peralatan dan fasilitas lain yang berharga sehingga dibutuhkan pengawasan dan perlindungan yang baik.

Pada pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini, pelaksana kegiatan menerapkan sebuah sistem yang saat ini digunakan di laboratorium Teknik Informatika Politeknik Negeri Pontianak yaitu penggunaan teknologi berbasis IoT untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan dengan menggunakan ESP32 dan ThingsBoard. Sistem yang sudah berjalan tersebut merupakan hasil penelitian terapan di Politeknik Negeri Pontianak pada tahun 2021 (Wibowo dkk., 2022). Hal tersebut selaras dengan latar belakang yang tertuang dalam panduan penelitian terapan Politeknik Negeri Pontianak tahun 2022 (Purnamawati dkk., 2022) yang mengacu pada Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi XIII tahun 2021 versi revisi yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, 2023).

Dalam menjalankan tugas pokok dan fungsinya terkait keamanan dan keselamatan laboratorium, kepala laboratorium Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Pontianak saat ini mengandalkan penggunaan CCTV dan pintu berkerangka besi. Berdasarkan hasil wawancara dan observasi yang telah dilakukan oleh tim pelaksana kegiatan dengan kepala laboratorium Teknik Informatika

Universitas Muhammadiyah Pontianak dan ketua program studi Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Pontianak, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang menjadi dasar pengembangan sistem yang diterapkan pada kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Berkaitan dengan keamanan laboratorium, ruangan laboratorium saat ini belum memiliki alat untuk mendeteksi status pintu saat terbuka atau tertutup, riwayat status pintu, serta belum terdapat alat untuk mendeteksi gerakan manusia khususnya pada saat di luar jam kerja atau hari libur.

Pada aspek keselamatan pengguna, ruangan laboratorium saat ini belum menyediakan sebuah alat untuk mendeteksi asap jika terdapat potensi kebakaran, intensitas cahaya, serta memantau parameter lingkungan di ruangan laboratorium seperti suhu dan kelembaban. Saat ini juga belum tersedia sebuah sistem yang dapat mengirimkan notifikasi secara *real time* kepada kepala laboratorium dan laboran saat terjadi kondisi-kondisi tertentu seperti terdeteksi asap, pintu terbuka atau tertutup di luar jam kerja, gangguan koneksi internet di ruang laboratorium secara otomatis. Hal penting lainnya yang saat ini juga dibutuhkan adalah data *time series* terkait parameter-parameter pada kedua aspek tersebut, yaitu aspek keselamatan pengguna dan keamanan laboratorium.

Terdapat beberapa penelitian yang berkaitan dan relevan dengan kerangka pikir dan pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini. Di antaranya penelitian tentang perancangan dan penerapan teknologi IoT untuk laboratorium pintar (Poongothai dkk., 2018). Penelitian ini dilatarbelakangi oleh sulitnya pemantauan dan pengelolaan penggunaan perangkat elektronik di laboratorium seperti proyektor, pendingin udara serta lampu seiring berkembangnya sebuah kampus yaitu Coimbatore Institute and Technology (CIT) di Coimbatore di India. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memaksimalkan efisiensi pemakaian energi listrik dengan menggunakan teknologi mutakhir seperti IoT. Dengan IoT, usaha dan campur tangan manusia dapat dikurangi dengan cara menerapkan *automated system* sehingga efisiensi dari sisi kinerja manusia maupun penggunaan energi listrik dapat meningkat. Perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan IoT kit terdiri beberapa komponen utama, di antaranya Arduino UNO, ESP8266, dan Raspberry Pi3. Sedangkan untuk perangkat lunak, penelitian tersebut memanfaatkan Node-RED sebagai *dashboard*, serta aplikasi *mobile* Android untuk antar muka pengguna. Dari hasil pengujian, didapatkan peningkatan efisiensi sebesar 30 persen per tahun setelah penerapan *smart laboratory* dengan IoT.

Pada penelitian lain (Pietraru dkk., 2019), disarankan bahwa penggunaan protokol dengan mekanisme *publish-subscribe* seperti MQTT dapat efektif diterapkan dalam sistem peringatan pada sebuah gedung saat terjadi situasi darurat, seperti kebakaran. Penelitian tersebut melibatkan pemasangan beberapa *node IoT kit*, termasuk *node* yang berfungsi sebagai pendeteksi asap/kebakaran, *node* untuk memantau variabel lingkungan seperti suhu dan kelembaban, serta *node* untuk alarm. Temuan dari penelitian ini juga menunjukkan bahwa ketika sistem diimplementasikan di dalam gedung, memberikan cukup waktu bagi penghuni gedung untuk melakukan

evakuasi saat terjadi bahaya. Perangkat keras yang digunakan mencakup Orange Pi One dan ESP8266, sedangkan dari segi perangkat lunak, penelitian tersebut memanfaatkan HiveMQ pada Linux Raspbian 8 sebagai MQTT broker, dan OpenHAB yang dipasang pada sistem operasi Centos 7 sebagai platform IoT.

Selain itu, penelitian untuk mendeteksi gas berbahaya di lingkungan industri dengan memanfaatkan teknologi IoT juga telah dilakukan (Dias dkk., 2019). Selain menggunakan kombinasi sensor pendeteksi gas MQ135 dan MQ7, protokol komunikasi yang digunakan untuk mentransfer data adalah MQTT yang terintegrasi dengan MQTT *broker* pada platform IoT Thingsboard. Protokol MQTT memiliki keunggulan pada penggunaan *bandwidth* jaringan komputer yang relatif kecil sehingga sangat ideal untuk digunakan pada perangkat IoT (Al-Fuqaha dkk., 2015). Sensor MQ135 dan MQ7 merupakan sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi beberapa jenis gas. Sensor MQ7 peka terhadap gas karbon monoksida (Zidni dkk., t.t.), sedangkan MQ135 digunakan untuk mendeteksi gas amonia dan alkohol (Salamah dkk., 2022). Dengan menggunakan platform yang berbeda, penelitian tentang perancangan dan penerapan *Smart Laboratory* berbasis IoT menggunakan ESP32 dan platform IoT Thingsboard juga telah dilakukan, guna meningkatkan keamanan dan keselamatan pada sebuah laboratorium komputer (Wibowo dkk., 2022).

Dari penelitian inilah kemudian dikembangkan model yang baru dengan menggunakan platform IoT yang berbeda yaitu Home Assistant, di mana sebelumnya telah digunakan platform IoT Thingsboard. Home Assistant adalah salah satu platform perangkat lunak IoT yang bersifat *open source* dan memiliki berbagai macam fitur seperti integrasi dengan berbagai perangkat dan layanan, otomatisasi serta pengendalian perangkat secara mudah dan efisien (Khan dkk., 2022). Model tersebut selanjutnya diterapkan pada perguruan tinggi mitra serta diberikan pelatihan dan sosialisasi yang dikemas dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini.

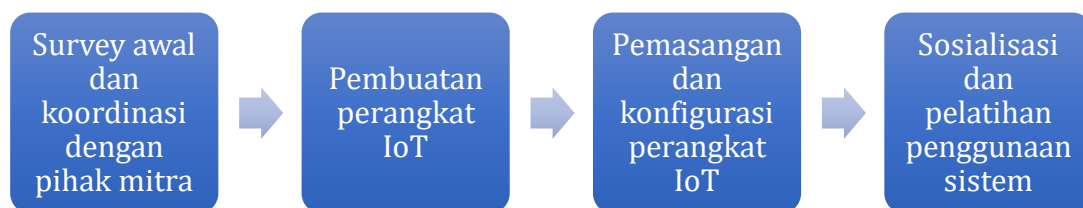
Tujuan dari pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini adalah untuk menyediakan sebuah sistem berbasis IoT yang digunakan untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan di laboratorium Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Pontianak. Selain itu, kegiatan ini juga menjadi salah satu wahana untuk memperkenalkan dan menerapkan produk hasil penelitian terapan yang telah dilakukan oleh peneliti di Program Studi D3 Teknik Informatika, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak kepada masyarakat dan akademisi di perguruan tinggi lain.

Adapun manfaat yang diharapkan dengan adanya kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah untuk membantu kepala laboratorium, laboran dan ketua program studi Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Pontianak dalam mengawasi dan mengelola laboratorium Teknik Informatika. Dari sisi peningkatan kerja sama perguruan tinggi, kegiatan ini juga diharapkan dapat membuka peluang kerja sama antara Politeknik Negeri Pontianak dan Universitas Muhammadiyah Pontianak khususnya pada pelaksanaan tri dharma perguruan tinggi seperti

pelaksanaan kuliah umum atau dosen tamu, serta kerja sama penelitian antar perguruan tinggi, sehingga diharapkan dapat meningkatkan nilai Indikator Kinerja Utama (IKU) di kedua perguruan tinggi. Pada level program studi, kegiatan ini juga diharapkan dapat meningkatkan penilaian akreditasi Program Studi D3 Teknik Informatika pada poin luaran dan capaian berupa kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang relevan dengan bidang informatika dan komputer yang diadopsi oleh masyarakat (*Matriks Penilaian Kinerja Program Studi dan Suplemen Program Vokasi Diploma III*, 2022).

METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah dengan menggunakan pendekatan *linear sequential phases* yang mengacu pada rencana kegiatan yang telah dibuat. Berikut ini adalah tahapan-tahapan dalam metode yang dimaksud:



Gambar 1. Alur tahapan kegiatan pengabdian kepada masyarakat

1. Survei awal dan koordinasi dengan pihak mitra
Tahapan kegiatan ini dilakukan untuk menggali kebutuhan dan mendapatkan penjelasan tentang permasalahan yang dialami oleh pihak mitra. Pada tahapan ini dilakukan observasi dengan melihat kondisi terkini ruang laboratorium Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah dan melakukan wawancara dengan kepala laboratorium dan ketua program studi Teknik Informatika. Luaran dari tahapan ini adalah berupa surat keterangan kesediaan dari pihak mitra bagi tim pelaksana untuk melaksanakan pengabdian kepada masyarakat di lokasi mitra.
2. Pembuatan perangkat IoT
Tahapan kegiatan berikutnya adalah pembuatan perangkat IoT sesuai dengan deskripsi solusi yang ditawarkan. Luaran dari tahapan ini berupa terbuatnya perangkat IoT yang akan diterapkan di setiap ruangan di laboratorium Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Pontianak.
3. Pemasangan dan konfigurasi perangkat IoT
Tahapan kegiatan ini dilaksanakan setelah semua perangkat IoT berhasil dibuat. Pada tahapan ini perangkat lunak disiapkan di sisi server serta dilakukan konfigurasi agar dapat terhubung dengan perangkat IoT sehingga perangkat lunak tersebut dapat menerima, mengolah dan menyajikan data yang dikirim dari perangkat IoT. Luaran dari kegiatan ini berupa tersedianya server dan perangkat lunak yang siap diintegrasikan dengan perangkat IoT. Selain itu, pada tahapan ini juga dilakukan instalasi perangkat IoT di ruangan laboratorium Teknik

Informatika Universitas Muhammadiyah Pontianak. Perangkat yang telah terpasang selanjutnya akan diuji coba untuk memastikan perangkat IoT dapat terhubung ke server yang telah dikonfigurasi sebelumnya. Luaran dari tahapan ini adalah terpasangnya perangkat IoT di setiap ruang laboratorium.

4. Sosialisasi dan pelatihan penggunaan sistem

Tahapan kegiatan terakhir berupa demonstrasi sistem berbasis IoT yang telah dibangun dan diterapkan di laboratorium, serta penyampaian tutorial penggunaan sistem kepada kepala laboratorium, laboran, dan ketua program studi Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Pontianak. Luaran dari kegiatan ini berupa dokumentasi foto dan video kegiatan serta publikasi ke *website* resmi jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak.

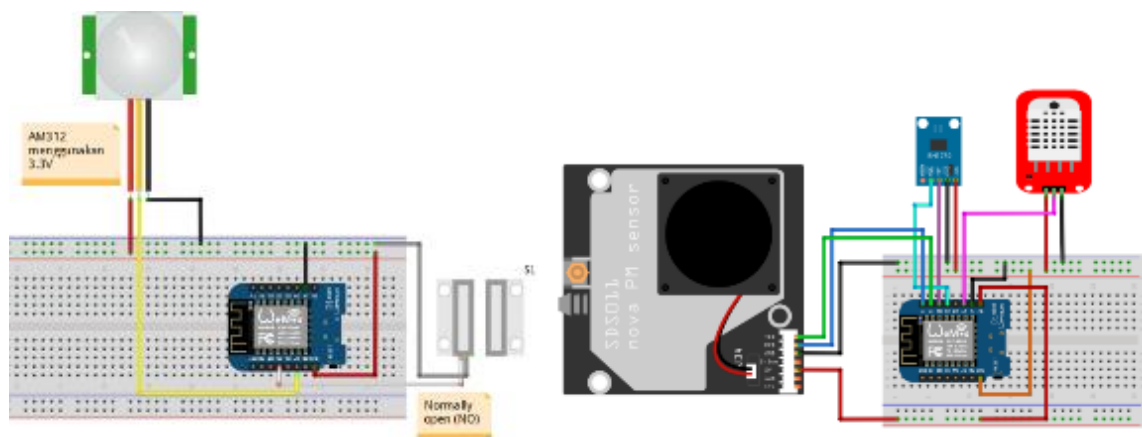
HASIL KEGIATAN

Berikut ini adalah uraian hasil kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang telah dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

Pembuatan Perangkat IoT

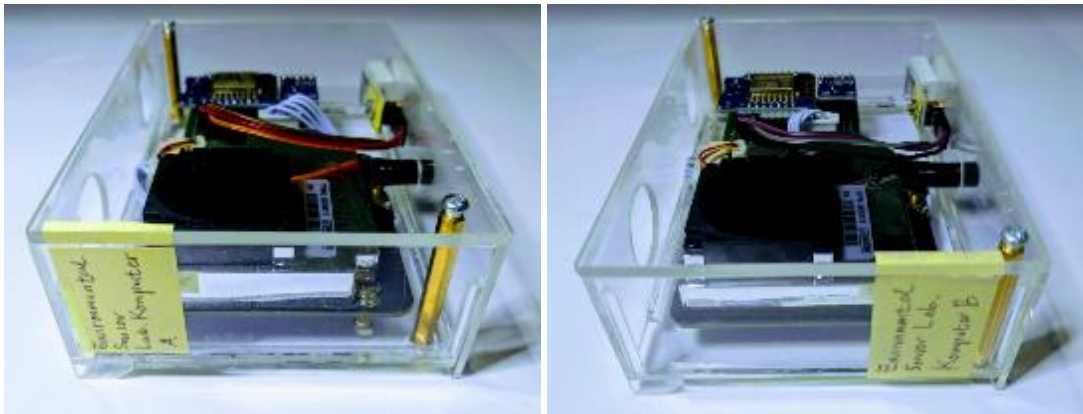
Microcontroller unit beserta dengan sensor-sensor yang dibutuhkan, dirangkai dan dirakit menjadi sebuah perangkat IoT yang kemudian dikemas ke dalam sebuah kotak. Kotak (*case*) tersebut disebut dengan *IoT kit*. Setiap *IoT kit* memiliki fungsionalitas unik sesuai dengan parameter yang diambil oleh sensor-sensor yang terpasang pada perangkat tersebut.

Pada sistem yang dibangun, telah dibuat 2 tipe *IoT kit*. *IoT kit* pertama adalah *IoT kit* yang dipasang pada bagian atas pintu laboratorium. Pada perangkat IoT ini, terpasang sensor gerakan (*PIR motion sensor*) dan sensor status pintu (*reed switch sensor*). Sedangkan *IoT kit* kedua adalah *IoT kit* yang diletakkan pada meja di dalam ruang laboratorium. *IoT kit* ini berfungsi untuk mendapatkan parameter lingkungan. Pada perangkat IoT tipe kedua ini terpasang sensor suhu, kelembapan, intensitas cahaya, serta sensor kualitas udara PM2.5 dan PM10. Komponen-komponen elektronika yang telah disiapkan selanjutnya dirangkai dan dirakit papan PCB berlubang sesuai dengan *wiring diagram* *IoT kit* pada gambar 1.



Gambar 2. Wiring Diagram IoT kit

Box-case dibuat dengan menggunakan bahan akrilik transparan dengan ketebalan 2 mm. Gambar 2 menampilkan foto IoT *kit* yang telah dibuat.



Gambar 3. Kemasan IoT *kit*

Pemasangan dan konfigurasi perangkat IoT

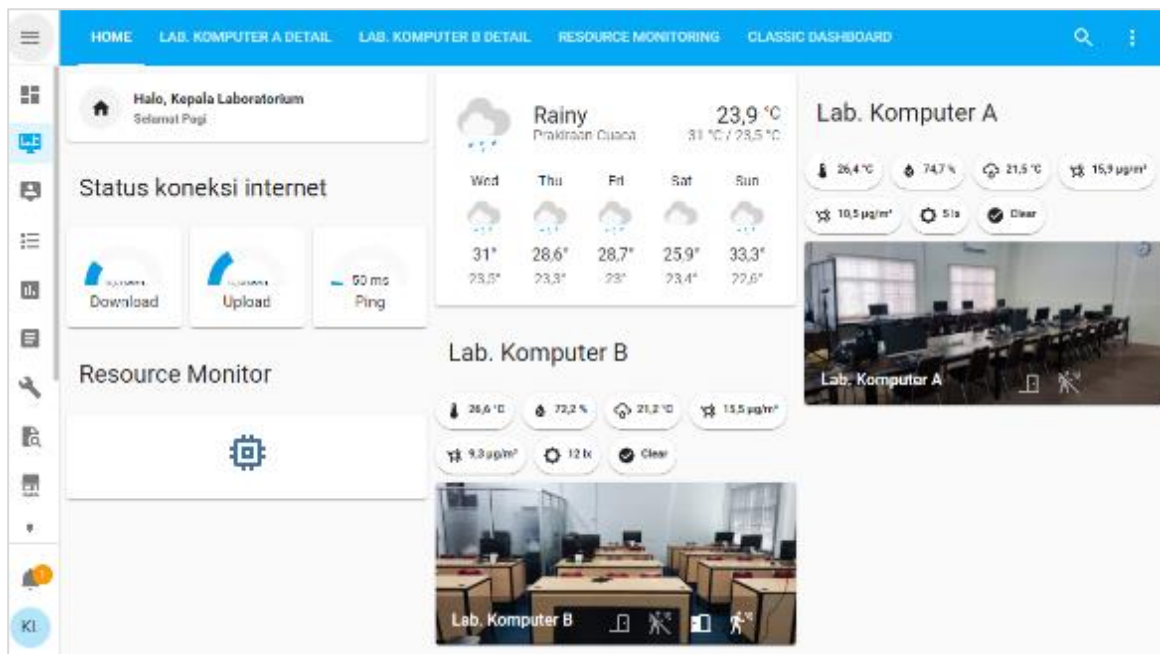
Setelah perangkat IoT dibuat, langkah selanjutnya adalah melakukan instalasi dan konfigurasi perangkat di ruangan laboratorium komputer. Pada setiap ruangan laboratorium, terdapat masing-masing IoT *kit* tipe 1, tipe 2, dan sensor asap. Pada ruang laboratorium komputer A terdapat sebuah IoT kit tipe 1 yang dipasang pada pintu laboratorium, sebuah IoT kit tipe 2, sensor asap, serta sebuah mini server. Sedangkan pada ruang laboratorium komputer B, telah terpasang dua buah IoT kit tipe 1, yang masing-masing dipasang pada pintu 1 laboratorium komputer A, dan pintu ruang kepala laboratorium. Selain itu di ruangan tersebut juga telah dipasang IoT kit tipe 2 dan sensor asap. Gambar 3 dan 4 menampilkan perangkat IoT yang telah dipasang dan dikonfigurasi di setiap ruangan laboratorium.





Gambar 4. Pemasangan IoT kit

Selain melakukan pemasangan perangkat IoT, pada tahapan ini juga telah berhasil dikonfigurasi perangkat mini server yang digunakan untuk melihat status perangkat IoT serta mengelola perangkat-perangkat tersebut melalui sebuah *dashboard* dalam bentuk aplikasi berbasis web. *Dashboard* tersebut dapat digunakan oleh kepala laboratorium, laboran, serta ketua program studi. Gambar 4 menyajikan tampilan antarmuka pengguna untuk melihat dan mengelola perangkat IoT melalui aplikasi berbasis web.



Gambar 5. Dashboard Antarmuka Pengguna Sistem

Sosialisasi dan pelatihan penggunaan sistem

Tahapan kegiatan terakhir berupa sosialisasi dan pelatihan penggunaan sistem kepada kepala laboratorium, laboran, ketua program studi, serta perwakilan dosen dan mahasiswa program studi S1 Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Pontianak. Sosialisasi dan pelatihan diawali dengan mendemonstrasikan sistem yang telah dibangun dan diterapkan. Pelaksana kegiatan pengabdian selanjutnya membahas petunjuk penggunaan sistem yang telah dibuat. Petunjuk penggunaan

sistem tersebut dibuat dengan tujuan untuk memudahkan pengguna dalam mengoperasikan sistem serta dapat dengan mudah mencari solusi jika menemui kendala pada saat mengoperasikannya. Agar dapat diakses dengan mudah petunjuk penggunaan sistem dibuat dalam bentuk aplikasi web yang dapat diekspor dalam bentuk PDF. Gambar 5 menampilkan salah satu foto dokumentasi kegiatan pengabdian kepada sesi foto bersama setelah kegiatan sosialisasi dan pelatihan penggunaan sistem.



Gambar 6. Dokumentasi/Foto Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat

Luaran dari tahapan ini berupa surat keterangan telah diselesaikannya kegiatan pengabdian di tempat mitra, berita acara serah terima aset kegiatan pengabdian berupa perangkat IoT dan *mini server*, dokumentasi video kegiatan serta publikasi ke *website* resmi jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak. Publikasi berupa video dokumentasi pelaksanaan kegiatan telah dipublikasikan pada platform berbagi video Youtube (*Pengabdian Kepada Masyarakat Program Studi D3 Teknik Informatika POLNEP Tahun 2022 - YouTube*, t.t.). Sedangkan publikasi media berupa artikel pada *website* Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak ("Jurusan Teknik Elektro POLNEP," 2022).

KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan terlaksananya kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, saat ini telah tersedia sebuah sistem berbasis IoT yang digunakan untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan di laboratorium Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Pontianak. Selain itu hasil penelitian terapan di Program Studi D3 Teknik Informatika, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak telah terbukti dapat diterapkan dan dimanfaatkan oleh masyarakat. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini diharapkan dapat membantu kepala laboratorium, laboran dan ketua program studi Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Pontianak dalam pengawasan dan pengelolaan laboratorium.

Saran yang dapat disampaikan berkaitan dengan kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang telah dilaksanakan adalah perlu ditingkatkan lagi kerja sama antara Politeknik Negeri Pontianak dengan perguruan tinggi di lingkup Kalimantan Barat sehingga kegiatan kolaborasi penelitian, pengabdian ke

pada masyarakat maupun pendidikan dan pengajaran antar perguruan tinggi dapat lebih terjalin lagi di masa yang akan datang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat dan Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dana sehingga kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Dias, S., Kurniadi, W., Hannats, M., Ichsan, H., & Setyawan, G. E. (2019). Sistem Monitoring Kadar Gas Berbahaya Di Lingkungan Industri Menggunakan Protokol MQTT. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(1), 945–952.
- Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi,. (2023). *Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Tahun 2023*. KEMDIK-BUDRISTEK.
- Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak. (2022). Fakultas Teknik | UN-MUH Pontianak. <http://fatek.unmuhpnk.ac.id/beranda>
- Jurusan Teknik Elektro POLNEP. (2022, Agustus 14). *PkM Pelatihan dan Sosialisasi Smart Laboratory Berbasis IoT di Universitas Muhammadiyah Pontianak*. <http://elektro.polnep.ac.id/2022/08/14/pengabdian-pada-masyarakat-pelatihan-dan-sosialisasi-smart-laboratory-berbasis-iot-di-universitas-muhammadiyah-pontianak/>
- Khan, M. A., Ahmad, I., Nordin, A. N., Ahmed, A. E.-S., Mewada, H., Daradkeh, Y. I., Rasheed, S., Eldin, E. T., & Shafiq, M. (2022). Smart Android Based Home Automation System Using Internet of Things (IoT). *Sustainability*, 14(17), 10717. <https://doi.org/10.3390/su141710717>
- Maftuh, B. (2019). *Pedoman Pemilihan Laboran Berprestasi*. Direktorat Karier dan Kompetensi SDM - KEMDIKBUD.
- Matriks Penilaian Kinerja Program Studi dan Suplemen Program Vokasi Diploma III (hlm. 37). (2022). LAM INFOKOM.
- Pengabdian Kepada Masyarakat Program Studi D3 Teknik Informatika POLNEP Tahun 2022—YouTube. (t.t.). Diambil 18 Januari 2024, dari <https://www.youtube.com/watch?v=9ScJ3zoTMhM>

- Pietraru, R. N., Gabriela Zegrea, L., & Ionita, A. D. (2019). Publish-Subscribe Deployment Alternatives for Scenarios Related to University Laboratory Safety. *2019 11th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering, ATEE 2019*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ATEE.2019.8724923>
- Poongothai, M., Subramanian, P. M., & Rajeswari, A. (2018). Design and implementation of IoT based smart laboratory. *2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2018*, 169–173. <https://doi.org/10.1109/IEA.2018.8387090>
- Purnamawati, Wendhi, Y., Sutriyatna, & Joniadi. (2022). *Panduan Penelitian Politeknik Negeri Pontianak Tahun 2022* (hlm. 5). UPPM Politeknik Negeri Pontianak.
- Salamah, U., Hidayah, Q., & Kusuma, D. Y. (2022). CO2 detection system in mixed gas using MQ-135 sensor. *Newton-Maxwell Journal of Physics*, 2(2). <https://doi.org/10.33369/nmj.v2i2.18730>
- Wibowo, F., Diponegoro, M., Hermanto, B., & Suheri. (2022). *Desain dan Implementasi Smart Laboratory Berbasis IOT Menggunakan ESP32 dan Thingsboard untuk Meningkatkan Keamanan dan Keselamatan di Laboratorium Teknik Informatika POLNEP*. 3(2), 13–21. <https://doi.org/10.31573/elit.v3i2.402>
- Zidni, M., Ichsan, M. H. H., & Akbar, S. R. (t.t.). Sistem Monitoring Kesehatan Udara menggunakan Sensor MQ7 dan MQ135 terhadap Berbagai Gas Berbahaya pada Mobil. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(9), 4322–4328.