

Simple Approach IoT Air Quality Monitoring in a Church Environment

Pendekatan Sederhana Pemantauan Kualitas Udara berbasis IoT di Lingkungan Gereja

¹ Pujiyanto Yugopuspito, ² Irene Astuti Lazarusli, ² Marta Diana

¹ Program Studi Informatika Program Magister, ² Program Studi Informatika
Universitas Pelita Harapan, Jalan M.H. Thamrin Boulevard 1100, Lippo Village, Tangerang

Email: yugopuspito@uph.edu

Abstract - This community service initiative was prompted by the congregation's limited awareness regarding air quality monitoring in worship environments. The study aimed to implement an Internet of Things (IoT)-based air quality monitoring system within the congregation of Gereja Kristen Indonesia (GKI) Karawaci. The methodology employed a straightforward approach, utilizing off-the-shelf sensor devices integrated with the Tuya platform, alongside the development of a monitoring application based on the Home Assistant, which operated on a Raspberry Pi local server for real-time data monitoring. The implementation was conducted at two pilot locations—the main hall and mezzanine of the church building—allowing temperature and humidity data to be monitored directly via a smartphone application by both the congregation and building administrators. The results demonstrate that the system was successfully installed and functioned effectively, providing continuous air quality information to the congregation. An evaluation involving 20 participants yielded mean scores of 4.65 for usefulness and 4.70 for relevance to community needs. This implementation is anticipated to enhance congregational awareness of the significance of indoor air quality and promote the development of healthy and environmentally conscious behavior within the church community. In conclusion, monitoring systems utilizing IoT technology can operate efficiently as tools for observation and as educational resources to engage communities in environmental health matters.

Keywords: Air Quality Monitoring, Internet of Things, Home Assistant, Real-Time Monitoring, Environmental Health

Abstrak – Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilatarbelakangi oleh terbatasnya kesadaran jemaat terhadap pemantauan kualitas udara di lingkungan ibadah. Kegiatan ini bertujuan untuk menerapkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) di lingkungan jemaat Gereja Kristen Indonesia (GKI) Karawaci. Metode yang digunakan menerapkan pendekatan sederhana dengan memanfaatkan perangkat sensor siap pakai yang terintegrasi dengan platform Tuya, serta pengembangan aplikasi pemantauan berbasis *Home Assistant* yang dijalankan pada server lokal Raspberry Pi untuk pemantauan data secara waktu nyata (*real-time*). Implementasi dilakukan pada dua lokasi percontohan, yaitu aula utama dan mezanin gedung gereja, sehingga data suhu dan kelembapan dapat dipantau secara langsung melalui aplikasi ponsel pintar (*smartphone*) baik oleh jemaat maupun pengelola gedung. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa sistem berhasil dipasang dan berfungsi dengan baik, serta mampu menyediakan informasi kualitas udara secara berkelanjutan kepada jemaat. Evaluasi yang melibatkan 20 partisipan menghasilkan skor rata-rata sebesar 4,65 untuk aspek kebermanfaatan dan 4,70 untuk aspek kesesuaian dengan kebutuhan masyarakat. Implementasi ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran jemaat akan pentingnya kualitas udara dalam ruangan serta mendorong terbentuknya perilaku hidup sehat dan peduli lingkungan di dalam komunitas gereja. Sebagai kesimpulan, sistem pemantauan yang memanfaatkan teknologi IoT dapat berfungsi secara efisien sebagai alat observasi sekaligus sarana edukasi untuk melibatkan masyarakat dalam isu kesehatan lingkungan.

Kata Kunci: Pemantauan Kualitas Udara, *Internet Of Things*, *Home Assistant*, Pemantauan Waktu Nyata, Kesehatan Lingkungan

1. PENDAHULUAN

Kualitas udara dalam ruangan merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi kesehatan, kenyamanan, dan produktivitas manusia, khususnya pada ruang tertutup dengan intensitas penggunaan yang tinggi seperti rumah tinggal, perkantoran, sekolah, dan fasilitas umum [1],[2],[3]. Paparan berulang terhadap polutan

udara dalam ruangan, seperti karbon dioksida (CO₂), partikulat halus (PM_{2,5}), dan senyawa organik volatil (*volatile organic compounds*/VOC), berkaitan erat dengan beragam gangguan kesehatan, mulai dari iritasi saluran pernapasan dan reaksi alergi hingga penurunan fungsi kognitif serta penyakit kronis seperti gangguan kardiovaskular dan kanker paru [2],[4]. Pandemi

COVID-19 turut memperkuat perhatian terhadap kualitas udara dalam ruangan seiring meningkatnya kebutuhan untuk menjaga sirkulasi udara yang memadai, mengatur kepadatan penghuni, serta menerapkan standar kebersihan yang lebih ketat pada berbagai jenis bangunan [3].

Gereja Kristen Indonesia (GKI) Karawaci yang berlokasi di Tangerang dan telah berdiri sejak 15 Februari 2015 melayani sekitar 500 anggota jemaat melalui tiga kebaktian mingguan serta pelayanan kategorial bagi kelompok anak, remaja, dewasa, dan lanjut usia [5]. Seluruh kegiatan tersebut memanfaatkan ruang, baik di dalam maupun di luar gedung gereja. Jarak GKI Karawaci yang hanya 2,2 km dari Universitas Pelita Harapan (UPH) menjadikannya mitra strategis yang ideal untuk pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat.

Jemaat GKI Karawaci terdiri atas kelompok yang beragam, meliputi lansia, ibu rumah tangga, anak-anak, serta warga yang tidak terlibat secara langsung dalam kegiatan ekonomi produktif. Kelompok-kelompok tersebut berhak memperoleh lingkungan yang sehat, aman, dan nyaman untuk menunjang kegiatan sosial-keagamaan, seperti ibadah dan pertemuan komunitas. Rumah ibadah merupakan ruang publik tertutup dengan karakteristik yang khas, yaitu tingkat hunian yang tinggi pada waktu-waktu tertentu, aktivitas vokal seperti berdoa dan bernyanyi, serta keberagaman kelompok usia dan kondisi kesehatan pengunjung. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan akumulasi CO₂, uap air, partikel debu, dan polutan lainnya, terutama apabila ventilasi ruangan kurang optimal [6],[7].

Berdasarkan hasil observasi serta masukan dari mitra, teridentifikasi beberapa persoalan utama. Pertama, belum tersedia sistem pemantauan kualitas udara yang objektif di lingkungan gereja. Kedua, terdapat ketidakseimbangan kenyamanan termal di ruang ibadah; jemaat kerap merasa gerah ketika jumlah pengunjung padat, tetapi merasa kedinginan ketika pengunjung sedikit, karena pengaturan pendingin udara belum disesuaikan dengan beban panas aktual. Ketiga, edukasi bagi staf gereja dan jemaat mengenai pentingnya kualitas udara bagi kesehatan masih tergolong minim. Ketiga persoalan tersebut mendesak untuk ditangani mengingat dampaknya terhadap kesehatan dan kenyamanan jemaat, khususnya kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia yang lebih sensitif terhadap kondisi udara yang buruk [8].

Secara konseptual, kualitas udara dalam ruangan dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, sirkulasi udara, dan kepadatan penghuni. Pemantauan berbasis data waktu nyata (*real-time*) melalui teknologi *Internet of Things* (IoT) terbukti efektif dalam mendukung pengambilan keputusan pengelolaan lingkungan yang responsif dan efisien [9],[3]. Teknologi IoT memungkinkan pengumpulan data lingkungan secara berkelanjutan, yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan penggunaan sistem tata udara sesuai kebutuhan aktual, bukan sekadar berdasarkan asumsi.

Kemajuan teknologi IoT dan ketersediaan sensor berbiaya rendah membuka peluang yang besar untuk pemantauan kualitas udara dalam ruangan secara waktu nyata, berkelanjutan, dan terintegrasi dengan *platform* komputasi awan [10],[11],[12],[13]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa sistem pemantauan berbasis IoT mampu mengukur parameter penting seperti suhu, kelembapan, CO₂, CO, partikulat, dan VOC secara andal, kemudian mengirimkan data tersebut ke *server* atau infrastruktur awan untuk dianalisis dan divisualisasikan melalui *dashboard web* maupun aplikasi *mobile* [10],[11],[12],[3]. Sistem semacam ini telah berhasil diterapkan di rumah tinggal, kampus, perkantoran, rumah sakit, dan berbagai lingkungan lainnya.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini selaras dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*), khususnya SDG 3 (Kehidupan Sehat dan Sejahtera), SDG 11 (Kota dan Permukiman yang Berkelanjutan), serta SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim) [14]. Penerapan teknologi IoT dalam pengelolaan lingkungan ibadah merupakan langkah nyata menuju terwujudnya komunitas yang adaptif terhadap teknologi, sadar kesehatan, dan peduli lingkungan.

Berdasarkan uraian tersebut, kegiatan ini bertujuan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT di lingkungan GKI Karawaci melalui pendekatan sederhana dan berbiaya rendah dengan memanfaatkan perangkat siap pakai, yang berfokus pada pemantauan suhu dan kelembapan secara waktu nyata (*real-time*) di dalam gedung ibadah. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor kualitas udara yang terintegrasi dengan *platform* Tuya dan dikelola melalui *Home Assistant* pada *server* lokal berbasis Raspberry Pi, yang dapat diakses melalui aplikasi ponsel pintar (*smartphone*) [15]. Selain pemasangan perangkat, kegiatan ini juga mencakup sosialisasi dan edukasi bagi staf gereja serta jemaat mengenai pentingnya kualitas udara

bagi kesehatan. Kegiatan ini merupakan terapan dari penelitian sebelumnya [16],[17].

2. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menerapkan metodologi sistematis yang terdiri atas lima tahap terpadu [18]. Pendekatan ini bertujuan memastikan penerapan teknologi yang efektif sekaligus manfaat yang berkelanjutan bagi komunitas.

Tahap 1: Sosialisasi dan Identifikasi Kebutuhan.

Tahap awal berupa sosialisasi informal yang dilaksanakan pada saat kebaktian rutin bersama pimpinan dan penatua gereja. Melalui diskusi tersebut disepakati prioritas kegiatan, yaitu pemantauan suhu dan kelembapan di dalam ruang ibadah yang dinilai lebih layak dan berdampak dibandingkan penanganan kualitas udara luar ruangan yang jauh lebih kompleks.

Tahap 2: Pemilihan dan Pengadaan Teknologi.

Perangkat sensor dipilih berdasarkan kompatibilitasnya dengan ekosistem rumah pintar Tuya, kestabilan konektivitas nirkabel, akurasi pengukuran, dan efektivitas biaya. Platform Tuya dipilih karena dukungan ekosistemnya yang luas serta keandalannya yang telah terbukti pada berbagai aplikasi rumah pintar, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Pengujian awal dilakukan di fasilitas UPH untuk memvalidasi fungsi sensor sebelum dipasang di gereja.

Tabel 1. Kebutuhan dan Kesesuaian Produk Tuya

Kebutuhan	Produk Tuya yang Sesuai
Sensor suhu & kelembapan	Tuya Wi-Fi Temperature & Humidity Sensor (dapat menampilkan grafik dan alarm di aplikasi)
Sensor kualitas udara/bau	Tuya Air Quality Sensor (VOC, CO ₂ , terkadang HCHO) atau Tuya Gas Detector (VOC/H ₂ S/Amonia)
Kontrol AC/kipas otomatis	Tuya Smart IR Remote Controller (untuk AC) atau Tuya Smart Plug / Smart Switch
Platform	Tuya Smart (dapat dikustomisasi dengan API untuk Android/iOS)

Tahap 3: Integrasi Sistem dan Pengembangan Infrastruktur

Tiga jalur integrasi dikembangkan untuk menjamin fleksibilitas dan keandalan sistem. Pertama, integrasi aplikasi *mobile* melalui aplikasi *Smart Life* yang memberikan akses waktu nyata (*real-time*) secara langsung bagi pengguna akhir. Kedua, integrasi *Tuya Cloud* yang memungkinkan pengambilan dan pengolahan

data berbasis API. Ketiga, infrastruktur *server* lokal menggunakan Raspberry Pi yang menjalankan *Home Assistant* dengan basis data deret waktu *InfluxDB*. Pendekatan berlapis tersebut menjaga kemandirian sistem dari layanan awan sekaligus memberikan manfaat dari sisi privasi data.

Tahap 4: Implementasi dan Pengujian

Sensor dipasang pada dua lokasi percontohan di gereja, yaitu ruang ibadah utama dan area mezanin. Prosedur pengujian meliputi (1) verifikasi kestabilan sistem dalam operasi berkelanjutan, (2) verifikasi silang akurasi data antartitik akses, (3) pengujian aksesibilitas melalui aplikasi *mobile*, serta (4) validasi integritas pencatatan data. Presentasi hasil dilaksanakan pada 7 Desember 2025 dan dilanjutkan dengan sosialisasi akhir pada 3 Januari 2026. Terukur secara baik di Ruang Utama 28,6/78,0; Mezanin 27,2/75,5

Tahap 5: Pelatihan, Peningkatan Kapasitas, dan Keberlanjutan.

Sarasehan selama dua jam diselenggarakan bagi staf gereja dan perwakilan jemaat, yang mencakup (1) dasar-dasar parameter kualitas udara dalam ruangan, khususnya suhu dan kelembapan serta pengaruhnya terhadap kenyamanan dan kesehatan; (2) fungsi sensor dan prosedur operasionalnya; (3) interpretasi data pada dasbor dan aplikasi; serta (4) perawatan teknis dan penanganan gangguan perangkat. Untuk menjamin keberlanjutan jangka panjang, seluruh perangkat pemantauan dihibahkan kepada gereja disertai dokumentasi teknis dan panduan operasional. Jemaat muda diidentifikasi sebagai penggerak lingkungan yang akan memelihara sistem, dan rencana replikasi ke gereja serta rumah ibadah lain turut disusun.

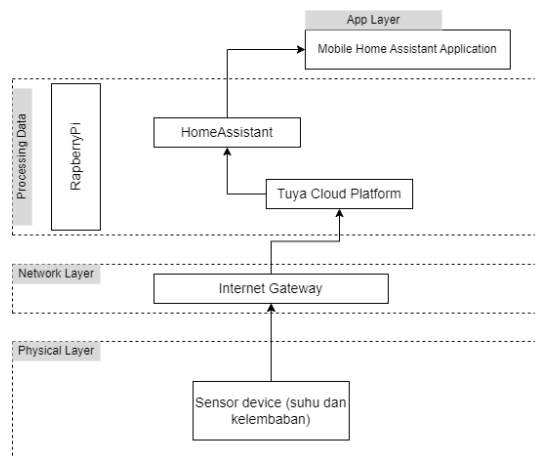
Pengumpulan dan Analisis Data

Data dikumpulkan secara berkelanjutan melalui jaringan sensor terintegrasi dan direkam secara *real-time* melalui aplikasi *Smart Life*, *Tuya Cloud API*, dan dasbor *Home Assistant* lokal. Data historis disimpan dalam *InfluxDB* untuk keperluan analisis longitudinal. Validitas data dijaga melalui verifikasi lintas *platform*, pemantauan konektivitas secara berkelanjutan, pemeriksaan kalibrasi sensor, serta validasi integritas deret waktu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT telah berhasil dirancang, diimplementasikan, dan diuji di GKI Karawaci.

Sistem tersebut menerapkan arsitektur berlapis yang terdiri atas perangkat sensor, konektivitas jaringan, pengolahan data pada *server* lokal, serta aplikasi pemantauan *mobile*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur sistem berlapis

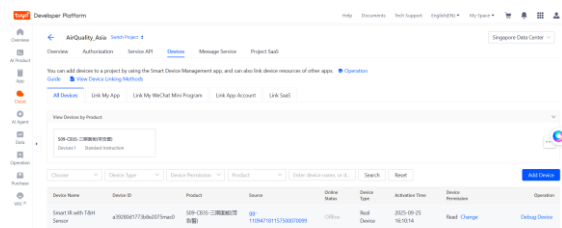
Tahapan Implementasi Sistem

Tahap pertama meliputi pengadaan dan pengujian awal sensor kualitas udara yang kompatibel dengan Tuya di fasilitas UPH. Perangkat divalidasi fungsi dan akurasi pengukurannya sebelum dipasang di lokasi mitra. Pengujian di lingkungan UPH ditunjukkan pada Gambar 2.



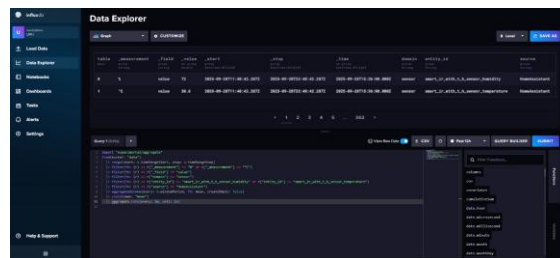
Gambar 2. Pengadaan dan pengujian awal di lingkungan UPH

Tahap kedua mengintegrasikan sensor dengan aplikasi *mobile Smart Life* untuk *platform* Android dan iOS. Sensor dikonfigurasi untuk melakukan transmisi data secara waktu nyata sehingga data dapat langsung diakses melalui antarmuka yang ramah bagi pengguna dengan beragam tingkat kemampuan teknis, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Integrasi Tuya Cloud

Tahap ketiga membangun integrasi awan melalui *platform* Tuya serta infrastruktur *server* lokal menggunakan Raspberry Pi dengan *middleware Home Assistant* dan basis data deret waktu *InfluxDB*. Pendekatan ini memberikan kemandirian dari layanan awan, meningkatkan privasi data, dan memungkinkan analisis data historis secara menyeluruh, tampak pada Gambar 4.



Gambar 4. Integrasi Home Assistant dan InfluxDB

Tahap keempat menerapkan sistem pada dua lokasi percontohan di GKI Karawaci, yaitu ruang ibadah utama dan area mezanin. Pengujian mengonfirmasi kestabilan sistem, akurasi data, serta aksesibilitasnya melalui aplikasi *mobile*. Pengukuran tersebut merupakan data waktu nyata yang diperoleh selama pengujian sistem dan menunjukkan fungsi sensor yang konsisten pada kedua titik pemasangan.

Proses Pengembangan Aplikasi

Aplikasi pemantauan dikembangkan melalui proses yang sederhana dan bertahap tanpa pengembangan perangkat keras maupun *firmware* khusus. Kebutuhan yang dihimpun pada tahap sosialisasi sengaja dijaga tetap minimal, yaitu jemaat dan pengelola gedung cukup dapat melihat nilai suhu dan kelembapan terkini beserta tren historis sederhana melalui ponsel pintar (*smartphone*) tanpa perlu mengoperasikan peralatan khusus. Oleh karena itu, aplikasi dibangun dengan mengonfigurasi dan mengintegrasikan komponen perangkat lunak yang telah tersedia dan didukung secara luas, bukan dengan menulis kode dari awal.

Pengembangan dilakukan dalam empat langkah. Pertama, setiap sensor dipasang dengan aplikasi *Smart Life* melalui jaringan Wi-Fi lokal sehingga tersedia antarmuka aplikasi *mobile* siap pakai. Kedua, proyek awan dibuat pada *platform* pengembangan Tuya IoT dan ditautkan ke akun *Smart Life* sehingga data sensor dapat diakses melalui Tuya Cloud API. Ketiga, *Home Assistant* dipasang pada Raspberry Pi sebagai *server* lokal; integrasi Tuya ditambahkan sehingga seluruh sensor secara otomatis muncul sebagai entitas, dan *add-on*

InfluxDB dikonfigurasi untuk merekam setiap pembacaan ke basis data deret waktu lokal (*local time-series database*). Keempat, dasbor disusun di *Home Assistant* menggunakan kartu entitas dan grafik riwayat standar, kemudian aplikasi *Home Assistant Companion* dipasang pada ponsel pintar pengguna dengan akun tersendiri bagi pengelola gereja.

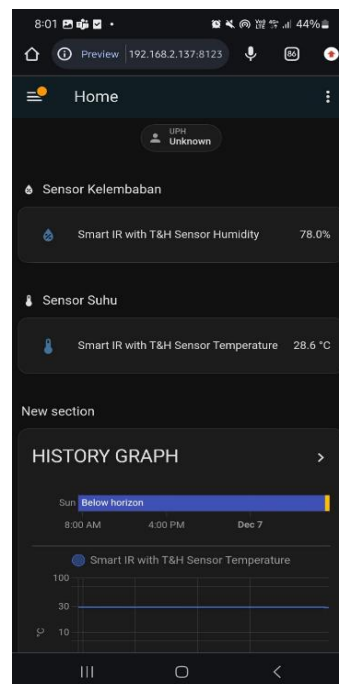
Setiap langkah diuji terlebih dahulu di fasilitas UPH sebelum direplikasi di gereja sehingga setiap permasalahan dapat diselesaikan tanpa mengganggu kegiatan gereja. Karena proses berbasis konfigurasi tersebut tidak memerlukan pemrograman di luar pengaturan deklaratif, seluruh aplikasi dapat direproduksi oleh relawan nonspesialis dengan mengikuti dokumentasi yang telah diserahkan kepada gereja.

Aksesibilitas Sistem dan Antarmuka Aplikasi Mobile

Data kualitas udara waktu nyata berhasil ditampilkan melalui aplikasi *mobile Home Assistant* yang menyediakan pemantauan lokal bagi pengguna yang berwenang. Antarmuka aplikasi menampilkan nilai suhu dan kelembapan terkini beserta grafik tren historis sehingga pengguna dapat memantau perubahan lingkungan dalam rentang waktu yang panjang. Data direkam secara terus-menerus dan disimpan dalam basis data *InfluxDB* lokal untuk mendukung pemantauan langsung maupun analisis tren retrospektif. Tampilan aplikasi *mobile* ditunjukkan pada Gambar 5.

Validitas dan Akurasi Data

Validitas data sistem dijaga melalui beberapa mekanisme, yaitu (1) verifikasi lintas *platform* dengan membandingkan pembacaan pada aplikasi *Smart Life*, *dashboard Tuya Cloud*, dan antarmuka *Home Assistant* untuk memastikan konsistensi data; (2) pemantauan operasi sistem secara berkelanjutan untuk memverifikasi kestabilan konektivitas sensor dan transmisi data; (3) validasi kalibrasi sensor menggunakan titik ukur acuan; serta (4) verifikasi integritas data deret waktu melalui pencatatan *InfluxDB*. Prosedur validasi tersebut mengonfirmasi kemampuan sistem menyediakan data pemantauan yang andal dan akurat, baik untuk pemantauan operasional *real-time* maupun analisis tren historis.



Gambar 5. Aplikasi *mobile Home Assistant*

Arsitektur Sistem dan Implementasi Teknis

Pendekatan integrasi tiga jalur yang mengombinasikan aplikasi *mobile*, API berbasis komputasi awan, dan *server* lokal terbukti mampu menyeimbangkan aspek kemudahan akses pengguna dengan otonomi pengelolaan sistem. Implementasi *server* lokal menggunakan *Home Assistant* pada perangkat Raspberry Pi yang didukung oleh basis data *InfluxDB* memberikan beberapa keunggulan dibandingkan arsitektur yang sepenuhnya bergantung pada layanan komputasi awan. Keunggulan tersebut meliputi efisiensi biaya operasional, peningkatan privasi dan kendali terhadap data, serta pengurangan ketergantungan pada penyedia layanan eksternal. Selain itu, arsitektur ini selaras dengan paradigma *edge computing*, yang menempatkan proses komputasi dan penyimpanan data lebih dekat dengan sumber data sehingga meningkatkan kemandirian infrastruktur. Temuan ini mengindikasikan bahwa organisasi berbasis komunitas dapat mengembangkan sistem pemantauan yang mandiri dan berkelanjutan tanpa mengabaikan pemanfaatan layanan komputasi awan sebagai pelengkap untuk kebutuhan integrasi dan akses jarak jauh.

Implikasi bagi Kesehatan Komunitas dan Kesadaran Lingkungan

Di luar fungsi teknisnya, implementasi sistem ini juga berperan sebagai media edukasi dalam meningkatkan kesadaran lingkungan di kalangan jemaat. Penyediaan sistem pemantauan

yang dapat diamati secara langsung serta akses terhadap data secara berkala melalui aplikasi *mobile* membantu menjembatani pemahaman antara konsep kualitas lingkungan yang bersifat abstrak dengan kondisi nyata yang dapat diukur secara kuantitatif. Pendekatan ini berkontribusi terhadap peningkatan literasi kesehatan lingkungan, terutama bagi kelompok rentan, seperti anak-anak dan lanjut usia, yang lebih sensitif terhadap perubahan kualitas udara.

Dengan mentransformasikan aktivitas pemantauan lingkungan dari praktik yang sebelumnya didominasi oleh aspek teknis menjadi aktivitas yang dapat diakses dan dipahami oleh komunitas, sistem ini mendorong terbentuknya perilaku yang lebih sadar akan kesehatan dan kepedulian terhadap lingkungan. Proses diseminasi hasil kegiatan kepada jemaat dilaksanakan pada 7 Desember 2025 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6, sedangkan kegiatan sosialisasi akhir mengenai pemanfaatan sistem dan interpretasi data dilaksanakan pada 3 Januari 2026 sebagaimana disajikan pada Gambar 7.



Gambar 6. Diseminasi hasil kegiatan



Gambar 7. Sesi sosialisasi akhir

Evaluasi Partisipan

Efektivitas kegiatan sosialisasi dan pelatihan dievaluasi melalui penyebaran kuesioner singkat kepada 20 partisipan yang mengikuti sesi sosialisasi akhir. Setiap indikator dievaluasi menggunakan skala Likert lima poin, dengan rentang nilai 1 menunjukkan penilaian terendah dan nilai 5 menunjukkan penilaian tertinggi. Hasil evaluasi disajikan dalam bentuk distribusi frekuensi jawaban dan skor rata-rata untuk setiap indikator, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2. Penyajian tersebut memberikan gambaran mengenai tingkat penerimaan partisipan terhadap materi sosialisasi, kemudahan

penggunaan sistem, serta efektivitas pelaksanaan kegiatan secara keseluruhan.

Hasil evaluasi menunjukkan tingkat penerimaan yang sangat baik terhadap substansi kegiatan. Aspek kebermanfaatan memperoleh skor rata-rata 4,65, dengan 90% partisipan memberikan penilaian 4 atau 5. Sementara itu, aspek kesesuaian materi dengan kebutuhan komunitas GKI Karawaci memperoleh skor rata-rata tertinggi, yaitu 4,70, dengan 95% partisipan memberikan penilaian 4 atau 5. Selain itu, 90% partisipan menyatakan kesediaannya untuk merekomendasikan kegiatan ini kepada pihak lain, yang tercermin dari skor rata-rata sebesar 4,45. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa materi, metode penyampaian, dan relevansi program telah memenuhi ekspektasi sebagian besar partisipan walaupun durasi dirasakan kurang panjang.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Partisipan

Aspek yang dinilai	1	2	3	4	5	Rata-rata
Tingkat kebermanfaatan kegiatan	0	0	2 10%	3 15%	15 75%	4,65
Kesesuaian dengan kebutuhan komunitas	0	0	1 5%	4 20%	15 75%	4,70
Kesediaan merekomendasikan kegiatan	0	0	2 10%	7 35%	11 55%	4,45
Kesesuaian durasi kegiatan	0	7 35%	7 35%	5 25%	1 5%	3,00

Keselarasan dengan Tujuan Pengabdian dan SDGs

Temuan dalam kegiatan ini konsisten dengan berbagai penelitian yang melaporkan efektivitas sistem pemantauan lingkungan berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam meningkatkan kualitas pengelolaan lingkungan pada berbagai konteks, seperti gedung pintar, lingkungan kampus, dan fasilitas pelayanan kesehatan. Namun demikian, implementasi pada komunitas berbasis keagamaan masih relatif terbatas dalam literatur dibandingkan dengan penerapan pada sektor komersial maupun pendidikan. Oleh karena itu, studi ini memberikan kontribusi empiris dengan menunjukkan bahwa teknologi IoT dapat diimplementasikan secara efektif pada lingkungan komunitas keagamaan untuk mendukung pemantauan kualitas udara sekaligus meningkatkan literasi kesehatan lingkungan. Selain itu, arsitektur yang mengintegrasikan tiga jalur akses, yaitu aplikasi *mobile*, layanan berbasis komputasi awan, dan *server* lokal, menawarkan model implementasi yang bersifat fleksibel, berbiaya relatif rendah,

serta mudah direplikasi oleh organisasi komunitas dengan keterbatasan sumber daya.

Kegiatan pengabdian ini juga memberikan kontribusi terhadap pencapaian beberapa *Sustainable Development Goals* (SDGs). Kontribusi terhadap **SDG 3 (Good Health and Well-being)** diwujudkan melalui peningkatan kesadaran masyarakat serta penyediaan sarana pemantauan kualitas udara dalam ruangan yang mendukung kesehatan jemaat. Kontribusi terhadap **SDG 11 (Sustainable Cities and Communities)** tercermin pada penerapan infrastruktur komunitas cerdas (*smart community*) berbasis IoT yang dapat diadopsi oleh organisasi masyarakat. Sementara itu, kontribusi terhadap **SDG 13 (Climate Action)** diwujudkan melalui pengumpulan data lingkungan secara berkelanjutan serta peningkatan partisipasi komunitas dalam upaya pelestarian lingkungan. Melalui pendekatan pengabdian kepada masyarakat, pemanfaatan teknologi tidak hanya menghasilkan inovasi teknis, tetapi juga meningkatkan kapasitas komunitas dalam memahami, memanfaatkan, dan mengelola informasi lingkungan secara mandiri, sehingga manfaat teknologi dapat dirasakan secara langsung, termasuk oleh kelompok rentan seperti anak-anak dan lanjut usia.

Arah Pengembangan

Sistem yang dikembangkan pada kegiatan ini berfokus pada pemantauan suhu dan kelembapan, dua parameter lingkungan yang secara langsung memengaruhi kenyamanan penghuni sekaligus merupakan indikator yang relatif mudah diimplementasikan pada sistem pemantauan berbasis komunitas. Pemilihan kedua parameter tersebut memberikan fondasi yang sederhana, ekonomis, dan mudah dipelihara sebagai tahap awal penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) di lingkungan gereja.

Pengembangan pada tahap selanjutnya dapat diarahkan pada perluasan kemampuan sistem melalui penambahan parameter kualitas udara, seperti konsentrasi karbon dioksida (CO₂) dan partikulat halus (PM_{2.5}), sehingga informasi kondisi lingkungan menjadi lebih komprehensif. Selain itu, cakupan pemantauan dapat diperluas ke ruang-ruang lain di lingkungan gereja, dilengkapi dengan mekanisme notifikasi otomatis ketika nilai parameter melampaui batas kenyamanan atau ambang yang direkomendasikan. Pengumpulan data secara berkelanjutan juga membuka peluang untuk melakukan analisis tren musiman dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision making*) dalam pengelolaan lingkungan gereja.

Dari perspektif keberlanjutan, pelibatan jemaat muda yang telah memperoleh pelatihan diharapkan dapat menjamin keberlangsungan operasional sistem melalui kegiatan pemantauan dan pemeliharaan secara mandiri. Lebih lanjut, arsitektur sistem yang dibangun menggunakan pendekatan berbasis konfigurasi (*configuration-based implementation*) serta didukung oleh dokumentasi implementasi yang sistematis memungkinkan model ini direplikasi dan diadaptasi oleh institusi keagamaan maupun organisasi komunitas lainnya yang memiliki kebutuhan serupa.

4. PENUTUP

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menunjukkan kelayakan dan manfaat praktis implementasi sistem pemantauan lingkungan berbasis *Internet of Things* (IoT) pada komunitas keagamaan. Sistem yang mengintegrasikan sensor Tuya, aplikasi *Smart Life*, *Tuya Cloud API*, serta *server* lokal *Home Assistant* berbasis Raspberry Pi dengan *InfluxDB* berhasil dirancang, diimplementasikan, dan diuji di GKI Karawaci. Sistem mampu memantau suhu dan kelembapan secara *real-time* pada dua lokasi percontohan dengan data yang dapat diakses oleh pengelola gereja maupun jemaat.

Selain menghasilkan implementasi teknis yang berfungsi dengan baik, kegiatan ini juga meningkatkan kesadaran kesehatan lingkungan melalui sosialisasi dan pelatihan. Hasil evaluasi menunjukkan hasil yang baik, terindikasi dari tingkat penerimaan yang tinggi, 4,65 untuk kebermanfaatan, 4,70 untuk kesesuaian dengan kebutuhan komunitas, dan 4,45 untuk kesediaan merekomendasikan kegiatan.

Studi kasus ini menunjukkan bahwa arsitektur IoT yang sederhana, berbiaya relatif rendah, dan memadukan layanan komputasi awan dengan *server* lokal dapat diterapkan secara efektif pada organisasi komunitas. Model yang dikembangkan bersifat mudah direplikasi dan menggunakan perangkat yang terjangkau, dokumentasi teknis, serta pelatihan bagi jemaat, sehingga memiliki prospek keberlanjutan dan adopsi pada institusi lain.

PENGHARGAAN

Terima kasih kepada pimpinan dan jemaat Gereja Kristen Indonesia (GKI) Karawaci atas kerja sama dan partisipasinya dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Apresiasi juga disampaikan kepada Universitas Pelita Harapan atas dukungan institusional, penyediaan fasilitas, dan pendanaan melalui kontrak *Corporate Social Responsibility* (CSR) Nomor

226/LPPM-UPH/VII/2025. Terima kasih khusus kepada staf gereja dan perwakilan jemaat yang mengikuti pelatihan dan terus memelihara sistem pemantauan sebagai penjaga kesehatan lingkungan komunitasnya

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Hapsari, A. A., Hajamydeen, A. I., Vresdian, D. J., Manfaluthy, M., Prameswono, L., Yusuf, E. Real Time Indoor Air Quality Monitoring System Based on IoT using MQTT and Wireless Sensor Network. IEEE 6th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS): 1–7. 2019.
- [2]. Saini, J., Dutta, M., Marques, G. Indoor Air Quality Monitoring Systems Based on Internet of Things: A Systematic Review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(14): 4942. 2020.
- [3]. Aswaldi, H. Penerapan Teknologi Internet of Things (IoT) untuk Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan. Journal of Computer Science and Information Technology, 1(2). 2025.
- [4]. Alsamrai, O., Redel-Macias, M., Pinzi, S., Dorado, M. A Systematic Review for Indoor and Outdoor Air Pollution Monitoring Systems Based on Internet of Things. Sustainability, 16(11): 4353. 2024.
- [5]. GKI Karawaci. Tentang Kami. <https://gki-karawaci.org>, diakses 2025.
- [6]. Liu, Z., Wang, G., Zhao, L., Yang, G. Multi-Points Indoor Air Quality Monitoring Based on Internet of Things. IEEE Access, 9: 70479–70492. 2021.
- [7]. Marques, G., Ferreira, C., Pitarma, R. Indoor Air Quality Assessment Using a CO2 Monitoring System Based on Internet of Things. Journal of Medical Systems, 43: 1–10. 2019.
- [8]. United Nations Department of Economic and Social Affairs. The Sustainable Development Goals Report 2024. United Nations, New York. 2024.
- [9]. Wahyudi, A., Sari, S., Aziz, F., Jeffry, J. Implementation of an Internet of Things (IoT)-Based Air Quality Monitoring System for Enhancing Indoor Environments. Journal of System and Computer Engineering (JSCE), 6(1). 2025.
- [10]. Wall, D., McCullagh, P., Cleland, I., Bond, R. Development of an Internet of Things Solution to Monitor and Analyse Indoor Air Quality. Internet of Things, 14: 100392. 2021.
- [11]. Benammar, M., Abdaoui, A., Ahmad, S., Touati, F., Kadri, A. A Modular IoT Platform for Real-Time Indoor Air Quality Monitoring. Sensors, 18(2): 581. 2018.
- [12]. Jo, J., Jo, B., Kim, J., Kim, S., Han, W. Development of an IoT-Based Indoor Air Quality Monitoring Platform. Journal of Sensors, 2020: 8749764. 2020.
- [13]. Paithankar, D., Pabale, A., Kolhe, R., William, P., Yawalkar, P. "Framework for Implementing Air Quality Monitoring System Using LPWA-Based IoT Technique. Measurement: Sensors, 28: 100709. 2023.
- [14]. Hoffman, B., Gerber, M., Mäder, R., Marks, J., Münzel, T., Ndegwa, B., Prignon, J., et al. WHO Air Quality Guidelines 2021 – Aiming for Healthier Air for All. International Journal of Public Health, 66: 1604465. 2021.
- [15]. Tuya. App SDK. <https://www.tuya.com/platform/appdev/app-sdk>, diakses 2025.
- [16]. Murwantara, I M., Tjahyadi, H., Yugopuspito, P., Aribowo, A., Lazarusli, I. A., et al. Towards Adaptive Sensor-Cloud for Internet of Things. TELKOMNIKA, 16(6): 2771–2781. 2018.
- [17]. Yugopuspito, P., Solang, M. A., Mubarak, Z. M., Pangaribuan, J., Murwantara, I M., Tjahyadi, H. IoT Deployment at Smart Office Environment with Edge Server. Proceedings of the 2023 11th International Conference on Information Technology: IoT and Smart City: 114–119. ACM, New York. 2024.
- [18]. Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM). Buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Kemendikbudristek, Jakarta. 2023.