



Pembuatan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dan Akustik Masjid Berbasis Internet of Things Sebagai Upaya Menuju Smart Mosque

Ridwan Jamal¹, Fadly Shabir², Adlin³, Hilman Asyrafi^{4*}, Khusnul Khotimah⁵

^{1,2}Prodi Desain Grafis, Politeknik Negeri Media Kreatif PSDKU Makassar, Indonesia

³Prodi Penerbitan, Politeknik Negeri Media Kreatif PSDKU Makassar, Indonesia

⁴Prodi Teknik Grafika, Politeknik Negeri Media Kreatif PSDKU Makassar, Indonesia

wajana64@gmail.com¹, fadlyshabir@polimedia.ac.id², andiadlin01@gmail.com³,

hilman.asyrafi@polimedia.ac.id⁴, khusnulhotimah.52710@gmail.com⁵

ABSTRAK

Abstrak: Masjid Fatimah yang terletak di kawasan industri Ujung Tanah, Makassar, menghadapi tantangan terhadap kenyamanan termal dan kualitas lingkungan dalam ruangan. Kondisi iklim tropis dengan suhu dan kelembapan tinggi, ditambah polusi udara serta kebisingan dari aktivitas industri dan pelabuhan di sekitarnya berdampak pada penurunan kualitas udara ruangan dalam masjid. Pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara dan akustik berbasis Internet of Things (IoT) sebagai solusi. Sistem ini dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor DHT22 (suhu dan kelembapan), MQ-135 (kadar CO₂), dan GY-MAX4466 (kebisingan). Data hasil pengukuran dapat dipantau secara real-time melalui layar LCD dan aplikasi smartphone. Hasil pengujian setelah kalibrasi menunjukkan akurasi masing-masing parameter sebagai berikut: suhu 99,34%, kelembapan 96,48%, CO₂ 95,38%, dan kebisingan 99,67%. Implementasi sistem dilengkapi dengan pelatihan kepada pengurus masjid dan penyerahan buku panduan penggunaan sistem. Program ini memberikan manfaat dalam menciptakan lingkungan ibadah yang lebih sehat, nyaman, dan efisien berbasis data sebagai langkah awal menuju smart mosque.

Kata Kunci: *Kualitas Udara; Kebisingan; Internet of Things; Smart Mosque.*

Abstract: *Fatimah Mosque, located in the industrial area of Ujung Tanah, Makassar, faces challenges related to thermal comfort and indoor environmental quality. The tropical climate with high temperature and humidity, combined with air pollution and noise from surrounding industrial and port activities, contributes to the decline in indoor air quality. This community service program aims to implement an Internet of Things (IoT)-based air quality and acoustic monitoring system as a solution towards the smart mosque concept. The system was developed using an ESP32 microcontroller integrated with DHT22 (temperature and humidity), MQ-135 (CO₂), and GY-MAX4466 (noise) sensors. Measurement data can be monitored in real-time via an LCD screen and a smartphone application. The calibration results show the accuracy of each parameter as follows: temperature 99.34%, humidity 96.48%, CO₂ 95.38%, and noise 99.67%. The implementation was complemented with training for mosque administrators and a user manual. This program provides benefits in creating a healthier, more comfortable, and data-driven worship environment as an initial step towards a smart mosque.*

Keywords: *Air Quality, Noise, Internet of Things, Smart Mosque*

A. LATAR BELAKANG

Makassar merupakan kota beriklim tropis yang mengalami fluktuasi suhu dan kelembapan sepanjang tahun. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Makassar tahun 2024, suhu rata-rata harian berkisar antara 26,4°C pada bulan Januari

hingga 28,75°C pada bulan Oktober, dengan suhu maksimum mencapai 34,6°C pada bulan September. Kelembapan relatif juga cenderung tinggi, dengan rata-rata bulanan berkisar antara 69,94% hingga 88,00%, serta nilai maksimum mencapai 98,00% yang terjadi antara bulan Januari hingga Juni 2024 (BPS Kota Makassar, 2025). Kondisi iklim ini berdampak langsung pada kualitas lingkungan termal dalam bangunan (Lin et al., 2023), terutama pada ruang-ruang yang digunakan oleh masyarakat dalam durasi waktu yang cukup lama. Situasi tersebut menciptakan tantangan terhadap kenyamanan termal di ruang tertutup, khususnya masjid sebagai fasilitas publik dengan intensitas penggunaan tinggi (Prabowo, 2020; Yusoff, 2021). Tantangan ini semakin besar saat aktivitas jamaah meningkat (Salihu & Usman, 2024). Di sisi lain, polusi udara dari kawasan industri di sekitar masjid turut menurunkan kualitas lingkungan dalam ruangan dan mendorong akumulasi gas polutan.

Salah satu masjid yang terletak di kawasan industri padat adalah Masjid Fatimah, yang berlokasi di Kecamatan Ujung Tanah, Makassar, dengan kapasitas 200–300 jamaah. Masjid ini berfungsi sebagai pusat ibadah sekaligus tempat kegiatan sosial masyarakat setempat. Sebagai kota pesisir di Sulawesi Selatan, Makassar memiliki suhu dan kelembapan tinggi sepanjang tahun, yang seringkali menimbulkan ketidaknyamanan termal. Letak masjid yang berdekatan dengan fasilitas distribusi bahan bakar minyak (PT Elnusa Petrofin Makassar) dan kawasan Pelabuhan Makassar menambah kompleksitas permasalahan. Aktivitas industri dan tingginya volume lalu lintas truk di area pelabuhan menghasilkan polutan udara serta kebisingan yang signifikan. Akibatnya, jamaah sering merasakan ruangan pengap dan suhu udara dalam ruang ibadah meningkat saat ventilasi terbatas. Hingga saat ini, Air conditioner (AC) di masjid hanya dioperasikan pada saat kegiatan rutin seperti salat berjamaah atau pengajian, sehingga di waktu lain udara sulit disirkulasikan dan suhu ruangan tetap tinggi. Sistem ventilasi masjid mengandalkan bukaan alami (jendela dan pintu) serta kipas angin. Saat masjid dalam kondisi penuh atau AC tidak berfungsi, aliran udara dalam ruangan menjadi terbatas. Dampak yang paling dirasakan oleh jamaah meliputi rasa pengap, suhu yang meningkat, serta gangguan kebisingan akibat aktivitas industri dan transportasi di sekitar masjid.

Dalam upaya mengatasi permasalahan kualitas udara dan kenyamanan termal dalam masjid, diperlukan pemantauan kuantitatif terhadap kondisi lingkungan secara berkelanjutan. Pemanfaatan sistem pemantauan yang meliputi pengukuran suhu, kelembapan, konsentrasi karbon dioksida (CO₂), dan tingkat kebisingan memungkinkan pengumpulan data objektif untuk menilai kualitas udara dan kenyamanan termal (Arkhan & Elsi, 2024; Saini et al., 2020). Data ini dibutuhkan pengurus masjid untuk menilai efektivitas sistem ventilasi dan penggunaan AC, serta sebagai dasar pengambilan keputusan dalam peningkatan sarana dan fasilitas (Shankar et al., 2024). Sebagai respons terhadap kebutuhan tersebut, telah dirancang sebuah program kolaboratif untuk mengembangkan dan menerapkan sistem pemantauan berbasis sensor di lingkungan masjid. Pelaksanaan program ini melibatkan peran aktif pengurus masjid dan partisipasi masyarakat setempat. Kolaborasi antara tim Pengabdian dari Politeknik Negeri Media Kreatif PSDKU Makassar dengan pengurus dan jamaah bertujuan memastikan teknologi pemantauan sesuai kebutuhan, serta meningkatkan kesadaran pentingnya lingkungan ibadah yang sehat. Selain itu, partisipasi aktif pengurus masjid dan jamaah dalam program ini akan meningkatkan kesadaran akan pentingnya lingkungan ibadah yang sehat dan nyaman.

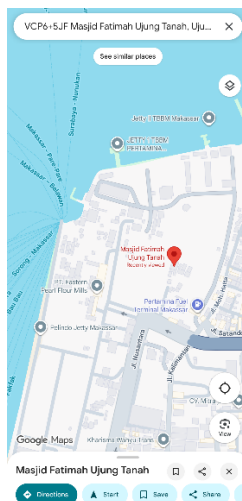
Implementasi nyata dari upaya tersebut dilakukan melalui program pengembangan dan penerapan sistem monitoring ruangan masjid berbasis teknologi Internet of Things (IoT) yang ditawarkan oleh tim pengabdian. Solusi yang ditawarkan mencakup pembangunan sistem pemantauan kualitas udara yang meliputi pengukuran suhu, kelembapan, dan kadar karbon dioksida (CO₂), serta sistem pemantauan tingkat kebisingan (akustik) secara *realtime*. Sistem ini dibangun menggunakan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan

kelembapan, sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar CO₂ dan polutan gas seperti karbon monoksida (CO), serta sound sensor untuk memantau tingkat kebisingan (Humairoh & Putra, 2022; Wahjudi et al., 2024). Data dari ketiga sensor tersebut dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan jaringan Wi-Fi lalu divisualisasikan. Hasil pengukuran dari sensor dapat dipantau melalui layar LCD dari sistem atau melalui aplikasi mobile (smartphone). Inovasi ini mengadopsi studi tentang integrasi *blynk* untuk manajemen udara dalam ruangan (Arkhan & Elsi, 2024; Lumbangaol et al., 2022) dan riset terkait optimalisasi antarmuka TFT (*Thin Film Transistor*) pada mikrokontroller berdaya rendah (Sarkar et al., 2023). Dengan sistem ini, pengurus masjid dapat memantau kondisi lingkungan secara langsung dan mengambil langkah-langkah perbaikan cepat apabila ditemukan parameter yang melebihi batas wajar. Tim pengabdian juga akan melakukan pelatihan kepada pengurus masjid dan perwakilan jamaah untuk memahami cara kerja alat, interpretasi data, serta langkah responsif yang perlu dilakukan. Dengan keterlibatan langsung masyarakat dalam operasional dan pemeliharaan sistem, solusi ini diharapkan tidak hanya menyelesaikan masalah teknis, tetapi juga meningkatkan kesadaran kolektif terhadap pentingnya kualitas lingkungan dalam mendukung kekhusyukan dan kesehatan ibadah.

Program ini memberikan manfaat sosial dan ekonomi bagi masyarakat sekitar. Secara sosial, sistem ini membantu menciptakan lingkungan ibadah yang lebih sehat dan nyaman, terutama bagi lansia, anak-anak, dan jamaah dengan kondisi khusus (Saini et al., 2020). Dari sisi ekonomi, data pemantauan memungkinkan pengelolaan sirkulasi udara yang lebih efisien dan membantu mengurangi konsumsi listrik (Niza et al., 2024). Selain itu, program ini mendorong pemberdayaan pemuda melalui pelatihan teknologi IoT yang berpotensi menjadi keterampilan produktif di bidang lingkungan dan teknologi terapan. Sistem ini tidak hanya menjawab tantangan iklim tropis Makassar, tetapi juga mitigasi dampak industri sehingga meningkatkan kenyamanan dan kesehatan jamaah secara holistik serta sebagai langkah awal menuju implementasi konsep *smart mosque* yaitu masjid yang memanfaatkan teknologi digital untuk menciptakan lingkungan ibadah yang lebih efisien, adaptif, dan berbasis data.

B. METODE PELAKSANAAN

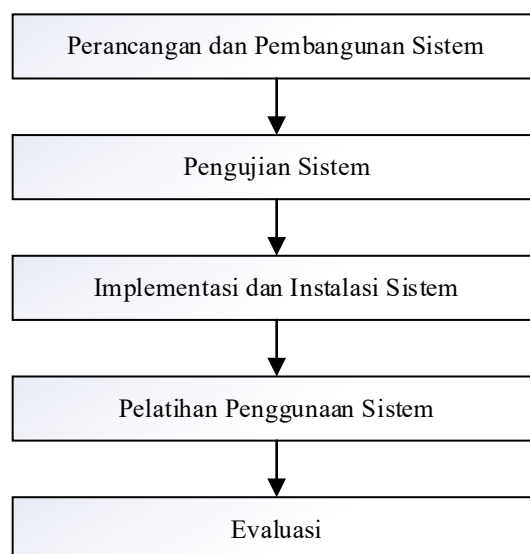
Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian ini menempatkan dosen sebagai perancang utama sistem monitoring kualitas udara dan akustik berbasis IoT sekaligus pelaksana pelatihan kepada pengurus masjid dan jamaah. Dosen bertanggung jawab dalam perancangan, pembuatan, instalasi awal, serta pengujian sistem. Selain itu, dosen juga memberikan penyuluhan dan bimbingan teknis mengenai cara pengoperasian sistem serta interpretasi data hasil pengukuran. Mahasiswa berperan mendampingi dalam proses instalasi, kalibrasi sensor, dokumentasi kegiatan, serta membantu pengurus masjid saat praktik penggunaan aplikasi monitoring sehingga terjadi transfer pengetahuan secara langsung.



Gambar 1. Lokasi Masjid Fatimah Ujung Tanah

Mitra dalam kegiatan ini adalah Masjid Fatimah yang berlokasi di Jalan Satando, Kecamatan Ujung Tanah, Makassar dengan kapasitas sekitar 200–300 jamaah. Masjid ini terletak di kawasan industri padat, berdekatan dengan PT Elnusa Petrofin Makassar dan area Pelabuhan (Gambar 1). Kondisi lingkungan tersebut menjadikan masjid rentan terhadap penurunan kualitas udara dalam ruangan akibat polusi serta kebisingan dari aktivitas transportasi dan industri. Pengurus masjid beserta perwakilan jamaah menjadi pihak yang terlibat langsung, baik dalam proses perencanaan maupun dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian.

Langkah-langkah dalam pelaksanaan pengabdian dibagi atas lima tahapan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Pertama, perancangan dan pembangunan sistem monitoring dilakukan oleh tim dosen bersama mahasiswa, meliputi perakitan perangkat keras berbasis mikrokontroler, integrasi sensor dan pengembangan antarmuka tampilan data pada LCD maupun aplikasi *mobile*. Tahap kedua adalah pengujian sistem untuk memastikan sensor berfungsi sesuai spesifikasi dan data yang dihasilkan akurat sebelum diterapkan di lapangan.



Gambar 2. Tahapan Pelaksanaan Pengabdian

Tahap ketiga adalah implementasi dan instalasi sistem di Masjid Fatimah sesuai titik pengukuran yang telah ditentukan. Perangkat dipasang pada lokasi strategis sehingga dapat merepresentasikan kondisi lingkungan dalam ruangan secara menyeluruh. Setelah sistem terpasang, tahap keempat berupa pelatihan kepada pengurus masjid dilaksanakan.

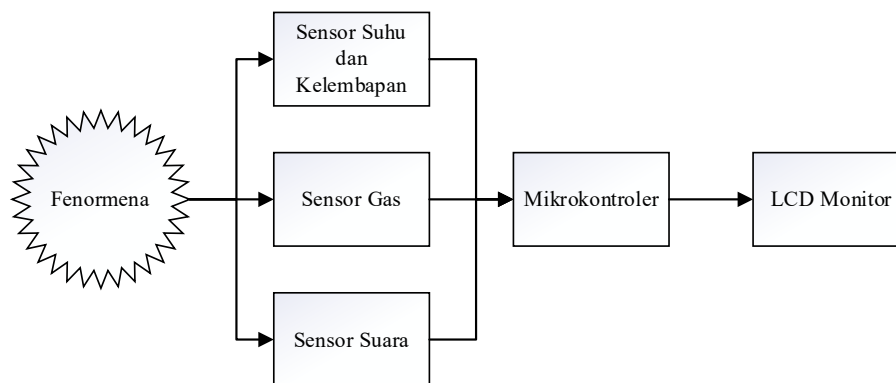
Materi pelatihan mencakup cara mengoperasikan perangkat, membaca hasil pengukuran, interpretasi kondisi lingkungan, serta tindakan yang harus diambil ketika terjadi kondisi tidak normal.

Tahap kelima adalah evaluasi yang dilaksanakan melalui observasi langsung. Evaluasi dilakukan melalui pengamatan terhadap kestabilan kerja perangkat/sistem serta kemampuan pengurus membaca dan memahami data. Untuk menjamin alat tetap dimanfaatkan setelah program selesai, tim menyusun panduan tertulis (SOP) dan menyerahkannya ke pengurus masjid.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perancangan dan Pembuatan Sistem

Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi melalui observasi lapangan, tim pengabdian melakukan perancangan dan pembuatan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau suhu, kelembapan, kadar karbon dioksida, dan kebisingan secara *realtime*. Secara keseluruhan, skema kerja dari sistem yang akan dirancang bangun ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Sistem

Perancangan sistem bertujuan untuk mempermudah realisasi pembuatan sistem pemantau kualitas udara dan kebisingan. Komponen utama penyusun sistem adalah mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolah data (Zuhriyadi et al., 2025), dilengkapi dengan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan (Azhari et al., 2023), sensor gas MQ-135 untuk mengukur kadar karbon dioksida (Taufiq et al., 2024), dan sensor GY-MAX4466 untuk mengukur tingkat kebisingan (Rinaldi & Jatmiko, 2025). Sistem dirancang dalam bentuk *portable* dan mampu menampilkan data hasil pengukuran dari sensor secara *realtime* yang dapat dipantau melalui layar LCD TFT ILI9488 atau melalui aplikasi *mobile* android berbasis *blynk*.

Setelah proses perancangan sistem, dilanjutkan dengan pembangunan sistem yang bertujuan untuk merealisasikan keseluruhan hasil perancangan. Pembangunan sistem meliputi penyusunan perangkat lunak, penggabungan perangkat keras dan integrasi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Penyusunan perangkat lunak merupakan penulisan program yang akan menjalankan fungsi akuisisi data, *signal processing*, dan penampilan data. Adapun penggabungan perangkat keras merupakan penyatuan seluruh komponen-komponen penyusun sistem. Tahapan terakhir dalam pembangunan sistem adalah mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak melalui pengunggahan program yang akan ditanamkan pada sistem. Hasil dari pembangunan sistem ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pembangunan Sistem Monitoring

Sistem yang dirancang bangun memiliki kemampuan untuk melakukan pengukuran terhadap empat parameter lingkungan yakni suhu ($^{\circ}\text{C}$), kelembapan (%), karbon dioksida (ppm) dan kebisingan (dB). Hasil pengukuran dari keempat parameter tersebut juga dapat ditampilkan pada smartphone android melalui jaringan Wi-Fi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Hasil Pengukuran Sistem pada Smartphone Android

2. Pengujian Sistem

Setelah sistem dibangun, selanjutnya adalah pengujian sistem untuk memastikan perangkat bekerja sesuai fungsinya. Pengujian meliputi validasi pembacaan sensor (4 parameter) terhadap kondisi aktual dengan membandingkan hasil pembacaan sistem dengan alat pembanding komersial yang beredar di pasaran. Tujuannya adalah untuk mengetahui sejauh mana akurasi dari sistem yang telah dibangun. Pengujian dilakukan dengan cara memvariasikan kondisi lingkungan secara bertahap, untuk mensimulasikan situasi yang mungkin terjadi di dalam masjid. Dalam setiap perbedaan kondisi lingkungan, data suhu, kelembapan, kadar CO_2 , dan kebisingan dari kedua alat dicatat secara berkala. Hasil pembacaan dari sistem yang dikembangkan dibandingkan dengan

alat pembanding komersial dan digunakan sebagai referensi pengukuran. Terdapat tiga alat pembanding yang digunakan dalam pengujian sistem yaitu, UNI-T UT333 (pengujian suhu dan kelembapan), Bosean T-Z01 (pengujian kadar CO₂), dan UNI-T UT353 (pengujian kebisingan).

Dari hasil uji banding dan pengamatan tersebut, dilakukan analisis terhadap data hasil pengujian untuk mendapatkan nilai akurasi dari sistem yang dibangun melalui persamaan (Khayati, 2019):

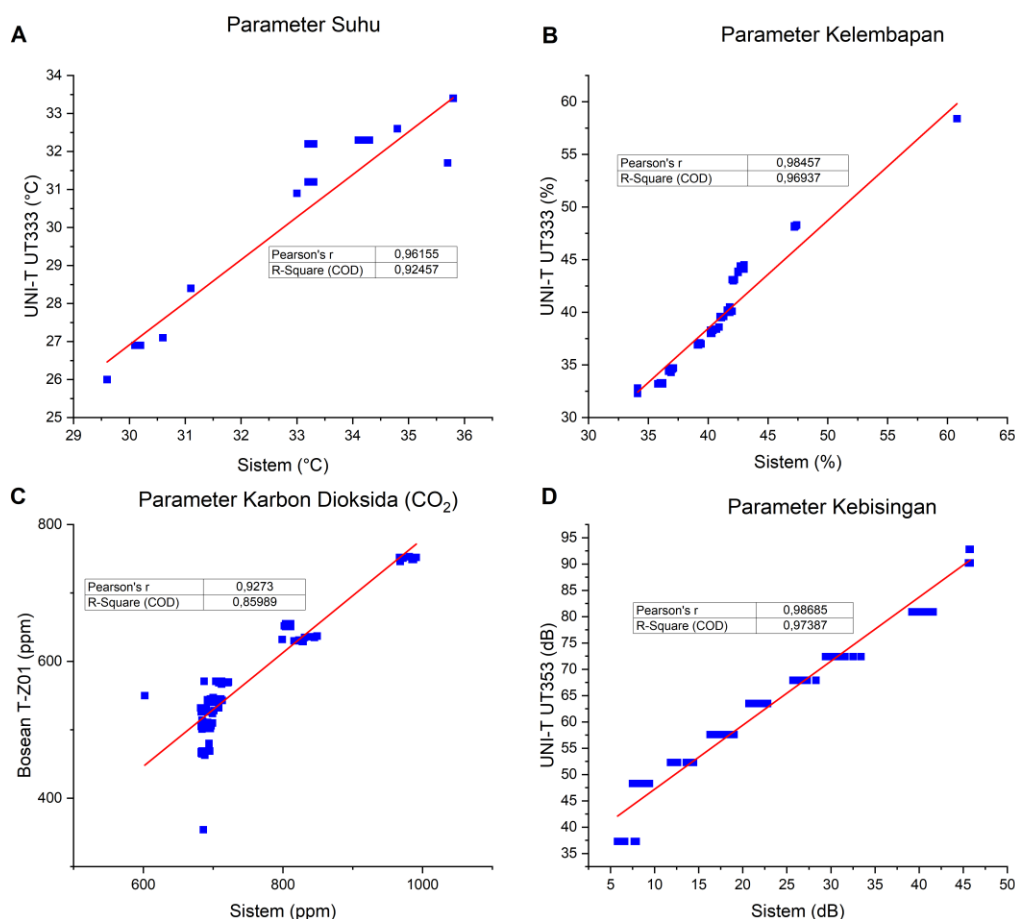
$$Akurasi = r \times 100\% \quad (1)$$

Nilai r merupakan koefisien korelasi yang dihitung menggunakan persamaan *Pearson Product-Moment Correlation Coefficient* (Walker, 2017):

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \quad (2)$$

Dengan n adalah banyaknya data pengukuran, x adalah hasil pengukuran dari sistem yang dibangun dan y adalah hasil pengukuran dari alat pembanding.

Hasil pengujian sistem untuk masing-masing parameter (suhu, kelembapan, CO₂ dan kebisingan) ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pengujian Sistem Pada Parameter, (a) Suhu (b) Kelembapan (c) CO₂ dan (d) Kebisingan

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6, diperoleh nilai akurasi untuk setiap parameter yaitu: suhu 96,16%; kelembapan 98,46%; Karbon Dioksida (CO₂) 85,60%; dan kebisingan 97,39%. Adapun nilai rata-rata penyimpangan (selisih) hasil pengukuran antara alat pembanding dengan sistem yang dibangun ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Rata-rata Penyimpangan Setiap Parameter

Parameter	Penyimpangan (Mean)
Suhu (°C)	-2,748
Kelembapan (%)	-1,475
CO ₂ (ppm)	-178,4
Kebisingan (dB)	40,608

Mengacu pada nilai rata-rata penyimpangan yang ditunjukkan pada Tabel 1, dilakukan proses koreksi terhadap hasil pengukuran sistem dengan menambahkan nilai *bias/offset* untuk masing-masing parameter melalui program yang ditanamkan pada mikrokontroler ESP32. Proses ini bertujuan untuk meminimalkan selisih antara hasil pengukuran sistem dan alat pembanding, sehingga nilai yang dihasilkan menjadi lebih mendekati kondisi sebenarnya.

3. Implementasi dan Instalasi Sistem

Perangkat yang telah diuji dipasang di ruang utama masjid dengan posisi yang representative, setinggi 1-1,5 meter dari lantai dan tidak terpengaruh langsung oleh AC atau kipas. Lokasi instalasi (Gambar 7) ditentukan bersama pengurus masjid. Sistem kemudian diaktifkan dan dihubungkan ke jaringan Wi-Fi atau hotspot untuk memastikan data dapat dikirim secara kontinu ke perangkat pemantau.

**Gambar 7.** Implementasi dan Instalasi Sistem

4. Pelatihan Penggunaan Sistem

Setelah sistem berfungsi, dilakukan pelatihan penggunaan sistem kepada pengurus masjid, remaja masjid, dan sukarelawan (Gambar 8).

**Gambar 8.** Pelatihan Penggunaan Sistem

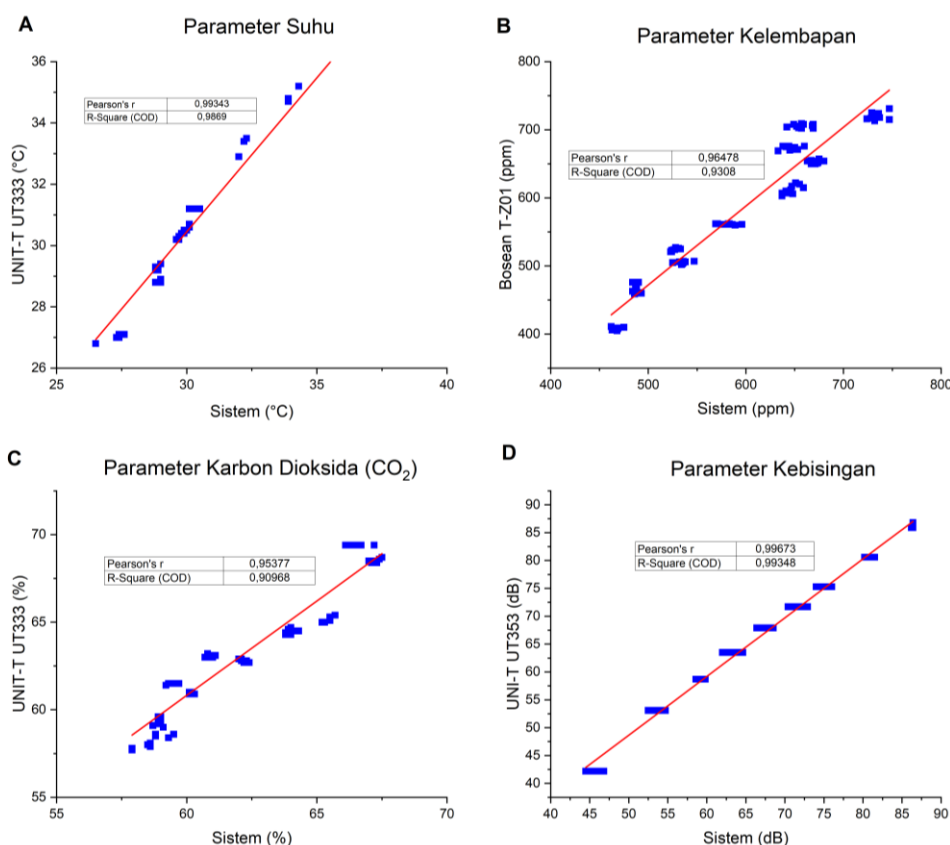
Materi pelatihan mencakup cara mengoperasikan perangkat dan membaca data suhu, kelembapan, CO₂, kebisingan, serta langkah-langkah sederhana jika sistem menunjukkan hasil pengukuran diluar ambang batas yang ditetapkan Kementerian Kesehatan mengenai Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL) Udara Dalam Ruang (*Indoor*) di Tempat dan Fasilitas Umum seperti Masjid. Adapaun nilai SBMKL untuk setiap parameter berdasarkan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2. SBMKL Parameter Suhu, Kelembapan, CO₂, dan Kebisingan (KEMENKES RI, 2023)

Parameter	SBMKL	Unit
Suhu	18-30	°C
Kelembapan	40-60	%RH
Karbon Dioksida (CO ₂)	≤1000	ppm
Kebisingan	≤55	dB(A)

5. Evaluasi

Evaluasi merupakan tahapan terakhir dalam program pengabdian ini yang bertujuan untuk memastikan sistem monitoring bekerja sesuai harapan dan dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan oleh mitra. Proses evaluasi dilakukan melalui observasi langsung terhadap kestabilan kerja perangkat dan pengujian akhir dari sistem dengan menghitung akurasi hasil pengukuran setelah menambahkan nilai *bias/offset* sesuai dengan Tabel 1. Kestabilan kerja sistem dinilai dari kemampuan *reconnect* otomatis saat WiFi dalam kondisi (OFF/ON). Berdasarkan hasil observasi, saat Wi-Fi dalam kondisi OFF perangkat menampilkan data hasil pengukuran pada LCD Monitor, sedangkan jika Wi-Fi dalam kondisi ON perangkat secara otomatis terhubung serta menampilkan hasil pengukuran pada LCD Monitor dan smartphone android. Adapun hasil pengujian akhir dari sistem untuk setiap parameter ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Pengujian Akhir Sistem Pada Parameter
(a) Suhu (b) kelembapan (c) CO₂ (d) Kebisingan

Hasil perhitungan akurasi yang diperoleh dari pengujian akhir sistem yaitu: suhu 99,34%; kelembapan 96,48%; Karbon Dioksida (CO₂) 95,38% dan kebisingan 99,67%. Dengan demikian, sistem monitoring yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi di atas 95% untuk semua parameter, yang mengindikasikan error di bawah 5%. Nilai akurasi ini memenuhi kriteria kelayakan untuk sistem pemantauan lingkungan (Johnson & Woodward, 2025; Saini et al., 2020). Hal ini membuktikan bahwa data yang dihasilkan akurat dan layak digunakan untuk pemantauan kualitas udara serta akustik di masjid secara *realtime*.



Gambar 10. Penyerahan Buku Panduan Kepada Ketua Pengurus Masjid

Sebagai langkah keberlanjutan, tim pengabdian juga merancang buku panduan penggunaan sistem monitoring dan menyerahkannya kepada ketua pengurus masjid setelah program berakhir. Buku panduan yang dirancang memuat isian cara penggunaan alat secara offline dan online, spesifikasi teknis, panduan perawatan sistem, dan respon/tindakan saat parameter terlampaui (di luar SBMKL).

D. SIMPULAN DAN SARAN

Program pengabdian masyarakat ini berhasil mengembangkan dan menerapkan sistem monitoring kualitas udara dan akustik berbasis Internet of Things di Masjid Fatimah, Makassar. Sistem yang dibangun mampu memantau empat parameter lingkungan secara *realtime*, yaitu suhu, kelembapan, karbon dioksida (CO₂), dan dengan tingkat akurasi akhir masing-masing parameter sebesar 99,34%, 96,48%, 95,38%, dan 99,67%. Penggunaan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor DHT22, MQ-135, dan GY-MAX4466 terbukti efektif dalam mengakuisisi dan menampilkan data baik melalui LCD monitor maupun aplikasi mobile android berbasis Blynk.

Implementasi sistem di lapangan menunjukkan kinerja yang stabil dengan kemampuan reconnect otomatis terhadap jaringan Wi-Fi. Pelatihan yang diberikan kepada pengurus masjid dan sukarelawan memastikan keberlanjutan pemanfaatan sistem. Penyerahan buku panduan penggunaan memberikan referensi teknis bagi mitra dalam mengoperasikan, merawat, dan merespons data hasil monitoring. Program ini tidak hanya menyelesaikan permasalahan teknis terkait kualitas udara dan kenyamanan termal, tetapi juga meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya lingkungan ibadah yang sehat serta menjadi langkah awal implementasi konsep *smart mosque* yang adaptif dan berbasis data.

Pengembangan sistem ke depan disarankan mencakup integrasi dengan fitur otomatisasi pengendalian ventilasi atau AC agar lebih responsif terhadap kondisi lingkungan, penambahan sensor tambahan seperti partikulat PM_{2,5} untuk memperluas cakupan pemantauan, serta integrasi dashboard berbasis web guna memudahkan pengelolaan data

historis. Selain itu, implementasi sistem serupa di masjid lain, khususnya di kawasan industri atau perkotaan, perlu dilakukan agar manfaat teknologi smart mosque dapat dirasakan lebih luas dan berkelanjutan..

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) POLITEKNIK NEGERI MEDIA KREATIF yang telah mendanai kegiatan pengabdian ini sehingga terlaksana dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Arkhan, M. G., & Elsi, Z. R. S. (2024). Air Quality Monitoring System Based Internet Of Things. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i2.4924>
- Azhari, Nasution, T. I., Sinaga, S. H., & Sudiati. (2023). Design of Monitoring System Temperature And Humidity Using DHT22 Sensor and NRF24L01 Based on Arduino. *Journal of Physics: Conference Series*, 2421(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2421/1/012018>
- BPS Kota Makassar. (2025). *Kota Makassar Dalam Angka Makassar Municipality in Figures* (Volume 26). <https://makassarkota.bps.go.id/id/publication/2025/02/28/81dcab96ca7120218f7f5fb3/kota-makassar-dalam-angka-2025.html>
- Humairoh, G. P., & Putra, R. D. E. (2022). Prototipe Pengendalian Kualitas Udara Indoor Menggunakan Mikrokontroler dengan Sensor MQ135, DHT-22 dan Filter HEPA. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1). <https://doi.org/10.32672/jse.v7i1.3708>
- Johnson, T., & Woodward, K. (2025). *Enviro-IoT: Calibrating Low-Cost Environmental Sensors in Urban Settings* (No. arXiv:2502.07596). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.07596>
- KEMENKES RI. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan*.
- Khayati, N. (2019). *Rancang Bangun dan Pengujian Skala Laboratorium Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan Internet of Things (IoT)* [Skripsi]. UIN Sunan Kalijaga.
- Lin, Y., Huang, T., Yang, W., Hu, X., & Li, C. (2023). A Review on the Impact of Outdoor Environment on Indoor Thermal Environment. *Buildings*, 13(10), 2600. <https://doi.org/10.3390/buildings13102600>
- Lumbangaol, S., Siagian, R., Siahaan, F., & Sitinjak, E. (2022, August 17). *IOT-Based Pollution and Air Quality Monitoring Equipment with ESP-8266*. Proceedings of the 6th Batusangkar International Conference, BIC 2021, 11 - 12 October, 2021, Batusangkar-West Sumatra, Indonesia. <https://eudl.eu/doi/10.4108/eai.11-10-2021.2319568>
- Niza, I. L., Bueno, A. M., Gameiro da Silva, M., & Broday, E. E. (2024). Air quality and ventilation: Exploring solutions for healthy and sustainable urban environments in times of climate change. *Results in Engineering*, 24, 103157. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103157>
- Prabowo, A. (2020). Thermal Comfort Investigation on Holy Mosque in Bandung Case Study: Lautze 2 Mosque Bandung. *Journal of Architectural Research and Education*, 2(1), 82. <https://doi.org/10.17509/jare.v2i1.24105>
- Rinaldi, A., & Jatmiko, M. A. (2025). Monitoring Real Time Tingkat Kebisingan Laboratorium Ship Power Plan Berbasis Internet of Things. *Citizen : Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 5(1), 202–209. <https://doi.org/10.53866/jimi.v5i1.702>
- Saini, J., Dutta, M., & Marques, G. (2020). A comprehensive review on indoor air quality monitoring systems for enhanced public health. *Sustainable Environment Research*, 30(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s42834-020-0047-y>
- Salihu, M. M., & Usman, A. (2024). Assessing the Peak-Period Thermal Conditions of Large Places of Worship in Ahmadu Bello University Main Campus Zaria, Nigeria. *Journal of Environmental Sciences*, 23(1), 183–195. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13895587>

- Sarkar, S., Jana, A., Maity, S., Maiti, C., & Bera, C. K. (2023). IOT based performance display system using ESP32: Design and development. *Journal of Physics: Conference Series*, 2576(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2576/1/012002>
- Shankar, V., Raikar, P., Devaraddi, R. R., Rebello, S., Gondakar, B. S., David, J. W., Shankar, V., Raikar, P., Devaraddi, R. R., Rebello, S., Gondakar, B. S., & David, J. W. (2024). Air quality sensing and monitoring. *International Journal of Science and Research Archive*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.12.1.0924>
- Taufiq, A. J., Hayat, L., Muchtasjar, B., Iskahar, I., Romandolo, D. G., & Amarudin, R. B. (2024). Sistem Monitoring Polusi Udara Berbasis Sensor MQ-135 Untuk Deteksi Gas Co2 dan Co: Studi Kasus di Lingkungan Perkotaan. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 25(2), 131–138. <https://doi.org/10.30595/techno.v25i2.24100>
- Wahjudi, D., Darmawan, I. N., Kholistianingsih, & Fahmi, A. R. (2024). Design and Construction of Noise Detection Device with Arduino-Based Sound Sensor Mic in The Library. *Journal of Electronic and Electrical Power Applications*, 4(1), Article 1.
- Walker, D. A. (2017). JMASM 48: The Pearson Product-Moment Correlation Coefficient and Adjustment Indices: The Fisher Approximate Unbiased Estimator and the Olkin-Pratt Adjustment (SPSS). *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 16, 540–546. <https://doi.org/10.56801/10.56801/v16.i.955>
- Yusoff, W. F. M. (2021). Indoor Thermal Comfort in Modern Mosque of Tropical Climate. *ICONARP International Journal of Architecture and Planning*, 9(2), 720–741. <https://doi.org/10.15320/ICONARP.2021.178>
- Zuhriyadi, M., Irwansyah, I., & Utomo, K. B. (2025). Desain dan Implementasi Sistem Pengamanan Kotak Amal Berbasis ESP32. *Kohesi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 9(5), 71–80. <https://doi.org/10.2238/pryf0540>