Teknika 20 (3): 653-663

JURNAL TEKNIKA
ISSN: 0854-3143
e-ISSN: 2622-3481
Journal homepage: http://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teknika
Journal Email: teknika@polsri.ac.id

Implementasi Sistem *Monitoring* Kualitas Udara Pada Dinas Komunikasi Informatika Dan Statistik Lampung

Ni Made Deni Arini[1], Retno Dwi Handayani*[2]

[1,*2]Program Studi Sistem Komputer, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya, Lampung, Indonesia
*Email Penulis Korespondensi: retnodh84@darmajaya.ac.id

Abstrak

Kualitas udara dalam ruangan merupakan faktor penting yang mempengaruhi kesehatan dan produktivitas kerja, namun monitoring masih banyak dilakukan secara manual dan belum realtime. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan website. Sistem menggunakan ESP8266 NodeMCU dengan sensor DHT11, MQ-135, dan GP2Y1010AU0F untuk mengukur suhu, kelembaban,respon gas, dan partikulat debu. Data dikirim ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan pada dashboard web dashboard. Hasil pengujian transmisi menunjukkan rata-rata delay sebesar 1,9 detik ($T_{dashboard} - T_{sensor}$). Pengujian kalibrasi relatif pada 990 data sampel secara kuantitatif terbukti meningkatkan kestabilan pembacaan sensor dengan menekan rentang data ekstrem pada suhu (dari 11,40 °C menjadi 2,70 °C), kelembaban (dari 59,00% menjadi 15,00%), gas (dari 11,62 menjadi 3,30), dan debu (dari 92,52 menjadi 35,20). Visualisasi grafik dan penyimpanan data historis memfasilitasi analisis fluktuasi lingkungan kerja di Ruang Rapat DISKOMINFOTIK Provinsi Lampung. Dengan demikian, sistem ini efektif mendukung pemantauan kualitas udara secara realtime dan responsif.

Kata kunci*— Internet of Things, kualitas udara, monitoring, dashboard, ESP8266*

Abstract

Indoor air quality is an important factor affecting health and work productivity; however, monitoring is often conducted manually and lacks realtime capability. This study aims to implement an Internet of Things (IoT)-based air quality monitoring system integrated with a web platform. The system uses an ESP8266 NodeMCU combined with DHT11, MQ-135, and GP2Y1010AU0F sensors to measure temperature, humidity, gas response, and particulate matter. Data are transmitted to Firebase Realtime Database and displayed on a web dashboard. Transmission test results show an average delay of 1.9 seconds ($T_{dashboard} - T_{sensor}$). Quantitative relative calibration testing on 990 data samples significantly improved sensor reading stability, reducing extreme data ranges for temperature (from 11.40 °C to 2.70 °C), humidity (from 59.00% to 15.00%), gas (from 11.62 to 3.30), and dust (from 92.52 to 35.20)[cite: 3, 4]. Graphical visualization and historical data logging facilitate environmental fluctuation analysis in the DISKOMINFOTIK Lampung meeting room. Thus, the developed system effectively supports responsive and accessible realtime air quality monitoring.

Received: May 5, 2026; Online Available: October 13, 2026

Keywords— *Internet of Things, air quality, monitoring, dashboard, ESP8266*

1. PENDAHULUAN

Kualitas udara merupakan salah satu indikator penting dalam lingkungan kerja modern karena berpengaruh langsung terhadap kesehatan dan produktivitas pegawai. Udara dalam ruangan (*indoor air quality*) yang mengandung partikel debu, gas berbahaya, suhu tinggi, serta kelembapan yang tidak normal dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan seperti iritasi mata, gangguan pernapasan, kelelahan, hingga penurunan konsentrasi kerja [1]. Dalam jangka panjang, paparan terhadap kualitas udara yang buruk tidak hanya berdampak pada individu, tetapi juga dapat menurunkan performa organisasi secara keseluruhan, termasuk menurunnya efisiensi kerja dan kualitas pelayanan yang diberikan kepada masyarakat. Oleh karena itu, pengelolaan kualitas udara menjadi aspek yang sangat penting dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan produktif.

Pada instansi pemerintahan, khusun aktivitas kerja umumnya berlangsung di dalam ruangan tertutup dengan intensitas penggunaan perangkat elektronik yang tinggi, sistem pendingin udara yang beroperasi secara terus-menerus, serta tingkat mobilitas pegawai yang relatif padat. Kondisi ini berpotensi menyebabkan akumulasi polutan di dalam ruangan, seperti partikel debu, gas dari perangkat elektronik, serta perubahan suhu dan kelembapan yang tidak stabil. Permasalahan yang sering muncul adalah kualitas udara tidak dapat dinilai secara akurat hanya berdasarkan pengamatan visual, karena udara yang tampak bersih belum tentu bebas dari zat berbahaya. Di sisi lain, metode pemantauan yang masih dilakukan secara manual dan bersifat periodik menyebabkan keterbatasan dalam memperoleh informasi kondisi lingkungan secara realtime [2]. Hal ini berdampak pada keterlambatan dalam mendeteksi penurunan kualitas udara serta menghambat pengambilan tindakan preventif yang seharusnya dapat dilakukan lebih cepat. Seiring dengan perkembangan teknologi, konsep *Internet of Things (IoT)* telah menjadi solusi yang banyak digunakan dalam sistem monitoring lingkungan [3]. Teknologi ini memungkinkan perangkat sensor untuk saling terhubung melalui jaringan internet sehingga mampu melakukan proses pengumpulan data secara otomatis, kontinu, dan terintegrasi. Dalam konteks monitoring kualitas udara, penggunaan berbagai jenis sensor seperti sensor suhu, kelembapan, gas, dan partikulat debu memungkinkan sistem memperoleh data lingkungan secara lebih komprehensif. Data tersebut kemudian dapat dikirim dan disimpan pada platform berbasis *cloud* sehingga dapat diakses kapan saja dan di mana saja oleh pengguna [4], [5], [6]. Selain itu, integrasi dengan aplikasi berbasis *web* memungkinkan data divisualisasikan dalam bentuk grafik maupun *dashboard* interaktif, sehingga memudahkan pengguna dalam memahami kondisi lingkungan secara lebih intuitif dan responsif terhadap perubahan yang terjadi [7], [8]. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT mampu meningkatkan efektivitas pengumpulan data, integrasi sensor, serta penyajian informasi secara *realtime* melalui platform berbasis *cloud* dan aplikasi *web* [9], [10].

Meskipun penelitian-penelitian terdahulu telah berhasil membangun arsitektur akuisisi data IoT, sebagian besar penelitian tersebut masih memiliki *research gap* dan keterbatasan yang cukup signifikan. Pertama, sebagian besar sistem yang dikembangkan hanya mengukur 1 atau 2 parameter udara saja (misalnya suhu atau gas LPG saja) tanpa mengukur parameter udara *indoor* secara komprehensif. Kedua, penggunaan sensor *low-cost* (seperti seri MQ dan sensor debu optik) umumnya langsung menampilkan data mentah (*raw data*) tanpa melalui proses pengujian dan validasi kalibrasi kuantitatif, padahal sensor *low-cost* sangat rentan terhadap *noise* dan lonjakan nilai ekstrem (*outlier*) saat fase awal pemanasan (*warm-up*). Ketiga, penyajian data pada sebagian sistem masih bersifat statis dengan latensi transmisi yang lambat atau membutuhkan *refresh* halaman secara manual, sehingga belum optimal dalam mendukung pemantauan *real-time* dan analisis data historis jangka panjang.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem monitoring kualitas udara berbasis *IoT* yang terintegrasi dengan platform *web dashboard* dan

firebase reltime database[2][4]. Kebaruan (*novelty*) dan kontribusi utama penelitian ini tidak sekadar terletak pada penggabungan komponen *hardware-cloud-dashboard* yang bersifat umum, melainkan Mengintegrasikan empat parameter kualitas udara sekaligus, yaitu suhu, kelembaban (DHT11), respons gas (MQ-135), dan partikulat debu optik (GP2Y1010AU0F) yang dikendalikan oleh ESP8266 NodeMCU dengan parameter pengambilan data beresolusi tinggi per 5 detik, Menerapkan dan mengevaluasi metode **kalibrasi relatif** secara kuantitatif pada 990 data sampel, yang terbukti mampu mereduksi *noise* dan menekan rentang data ekstrem (*outlier*) sensor hingga 61,9%–76,3%(Sistem et al., 2026), Serta Mengimplementasikan dan menguji sistem secara langsung pada lingkungan operasional riil di Ruang Rapat DISKOMINFOTIK Provinsi Lampung (10 × 30 m ber-AC), serta membuktikan kecepatan respons transmisi *real-time* dengan rata-rata *delay* sebesar 1,9 detik [6].

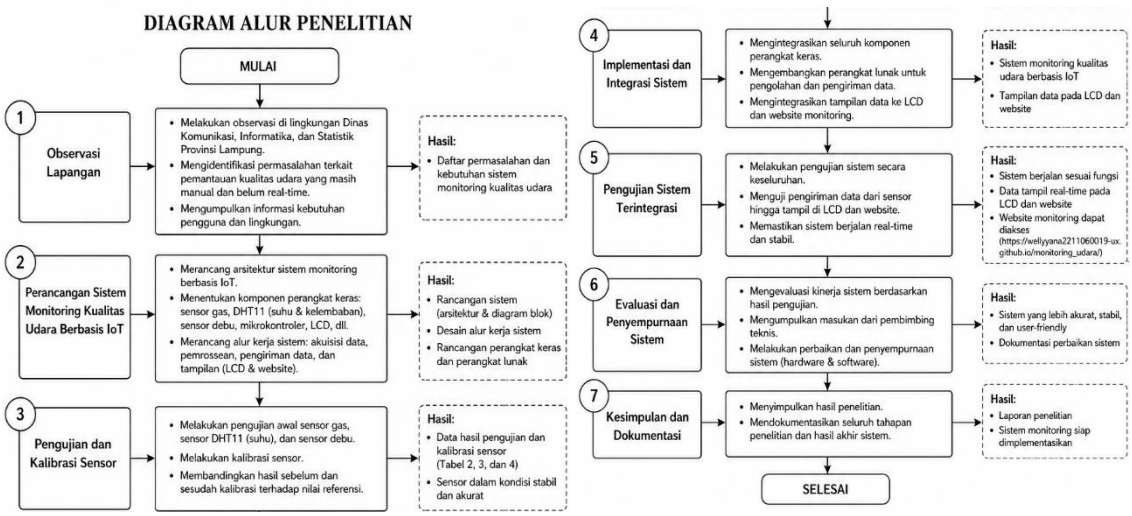
2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan sistematis yang bertujuan untuk menghasilkan sistem *monitoring* kualitas udara yang teruji di lingkungan kerja. Eksperimen dan pemantuan dilaksanakan di Ruang Rapat DISKOMINFOTIK Lampung. Ruangan ini memiliki dimensi 10 x 30 meter tanpa jendela atau ventilasi udara alami, sehingga sirkulasi dan pengondisian udara sepenuhnya bergantung pada pengoperasian 4 unit *Air Conditioner* (AC). Pengujian dilakukan dalam kondisi ruangan dihuni oleh sekitar 15 orang pegawai. Perangkat node sensor dipasang pada dinding ruangan dengan ketinggian sekitar 2 meter dari permukaan lantai guna merepresentasikan kondisi udara yang dihirup oleh penghuni ruangan. Tahapan pertama adalah analisis kondisi lingkungan, yang dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik ruang kerja, sumber potensi pencemaran udara, serta parameter kualitas udara yang perlu dipantau. Pada tahap ini dilakukan observasi langsung terhadap kondisi ruangan, seperti sirkulasi udara, kepadatan aktivitas pegawai, serta kemungkinan adanya zat polutan dari perangkat elektronik atau lingkungan sekitar. Hasil dari analisis ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan jenis sensor dan spesifikasi sistem yang akan dikembangkan.

2.2 Alur penelitian

Alur penelitian pada penelitian ini disusun secara sistematis dan terstruktur untuk menghasilkan sistem monitoring kualitas udara berbasis *internet of things (IoT)* yang optimal dan sesuai dengan kebutuhan. Adapun alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

1. Observasi Lapangan

Melakukan observasi di Dinas Komunikasi, Informatika, dan Statistik Provinsi Lampung untuk memahami kondisi lingkungan kerja serta sistem yang sedang berjalan. Selanjutnya dilakukan identifikasi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan sistem *monitoring* kualitas udara, khususnya terkait keterbatasan dalam pemantauan kondisi lingkungan secara *realtime* pada ruang tertutup ber-AC. Selain itu, dilakukan pengumpulan kebutuhan pengguna dan sistem guna menentukan spesifikasi serta fitur yang diperlukan dalam pengembangan sistem *monitoring* kualitas udara yang sesuai dengan kebutuhan instansi.

2. Perancangan Sistem *Monitoring* Berbasis *IoT*

Perancangan sistem dilakukan dengan menyusun arsitektur sistem *monitoring* kualitas udara yang terintegrasi. Pada tahap ini ditentukan komponen utama yang digunakan, meliputi sensor gas, sensor suhu dan kelembapan DHT11, sensor debu, mikrokontroler, serta media tampilan berupa LCD. Selain itu, dirancang alur kerja sistem yang mencakup proses akuisisi data dari sensor, pengolahan data oleh mikrokontroler, hingga pengiriman data ke sistem *monitoring* berbasis web untuk ditampilkan secara *realtime*.

3. Pengujian dan Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor merupakan proses penting untuk meningkatkan akurasi dan konsistensi data yang dihasilkan. Proses kalibrasi dilakukan dengan menggunakan pendekatan **kalibrasi relatif** (*relative calibration*) terhadap 990 sampel data sebelum dan 990 sampel data sesudah kalibrasi. Pengujian dilakukan dengan memaparkan sensor pada media uji berupa gas korek api, asap pembakaran kertas, dan partikel debu untuk mengondisikan variasi kualitas udara serta menekan lonjakan nilai ekstrem (*outlier*) pada awal pembacaan (*warm-up*).

4. Implementasi dan Integrasi Sistem

Tahap implementasi dan integrasi sistem dilakukan dengan menggabungkan seluruh perangkat keras yang telah dirancang ke dalam satu kesatuan sistem yang terintegrasi. Pada tahap ini juga dilakukan pengembangan perangkat lunak untuk mengolah data sensor serta menghubungkan sistem dengan media tampilan berupa LCD dan *website monitoring* sehingga data dapat ditampilkan secara *realtime* kepada pengguna.

5. Pengujian Sistem Terintegrasi & *Delay*

Tahap pengujian sistem terintegrasi dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan. Pengujian meliputi pengujian fungsi sistem secara keseluruhan, verifikasi bahwa data dapat ditampilkan secara *realtime*, serta pengujian kestabilan sistem dalam kondisi operasional. Memastikan data dikirimkan dari mikrokontroler menuju Firebase Realtime Database setiap 1 detik. Waktu tunda (*delay*) transmisi dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\text{Delay} = t_{\text{dashboard}} - t_{\text{sensor}} \quad (1)$$

Di mana $t_{\text{dashboard}}$ adalah *timestamp* saat data tampil pada web, dan t_{sensor} adalah *timestamp* pembacaan oleh mikrokontroler.

6. Evaluasi dan Penyempurnaan Sistem

Tahap evaluasi dan penyempurnaan sistem dilakukan berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya. Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap kinerja sistem serta pengumpulan masukan dari pembimbing teknis. Selanjutnya, dilakukan perbaikan baik pada aspek perangkat keras maupun perangkat lunak guna meningkatkan performa dan keandalan sistem.

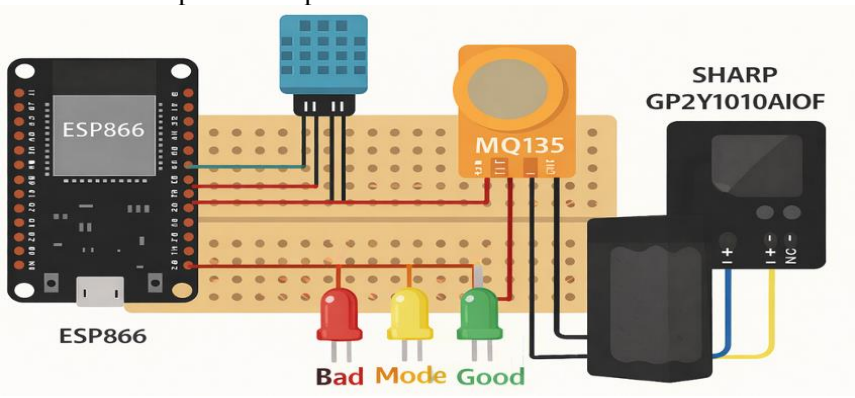
7. Kesimpulan dan Dokumentasi

Tahap kesimpulan dan dokumentasi merupakan tahap akhir dalam penelitian, yang dilakukan dengan menarik kesimpulan berdasarkan hasil yang telah diperoleh. Selain itu, seluruh proses dan hasil penelitian didokumentasikan secara sistematis sebagai bentuk pertanggungjawaban ilmiah serta referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

2.3 Perancangan Sistem

Tahapan selanjutnya adalah perancangan dan pembuatan rangkaian prototipe sistem. Pada tahap ini melakukan Perancangan perangkat keras berfokus pada pengintegrasian

mikrokontroler ESP8266 NodeMCU dengan sensor suhu dan kelembaban DHT11, sensor gas MQ-135, dan sensor debu optik GP2Y1010AU0F, serta penampil lokal LCD I2C. Perancangan perangkat keras pada gambar 1. Selain itu, Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE untuk mengolah data pembacaan sensor dan mentransmisikannya secara *real-time* via koneksi WiFi instansi menuju Firebase Realtime Database. kemudian terintegrasi dengan sistem berbasis web. Adapun desain perangkat keras sistem *monitoring* kualitas udara dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Desain Perangkat Keras

2.4 Pengembangan dan Penyempurnaan Desain Sistem

Setelah prototipe berhasil diuji, tahap berikutnya adalah pengembangan dan penyempurnaan desain sistem menjadi bentuk akhir yang lebih optimal. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap hasil pengujian prototipe, kemudian dilakukan perbaikan baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Sistem kemudian diintegrasikan dengan *platform web* yang menampilkan data kualitas udara dalam bentuk visualisasi grafik secara *realtime*. Selain itu, dilakukan pengujian keseluruhan sistem untuk memastikan bahwa alat dapat bekerja secara stabil, akurat, dan mudah digunakan oleh pengguna.

Dengan melalui tahapan tersebut, diharapkan sistem yang dihasilkan tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga sesuai dengan kebutuhan pengguna di lingkungan Diskominfotik Lampung. Pendekatan bertahap ini memastikan bahwa setiap proses pengembangan dilakukan secara terstruktur, sehingga menghasilkan sistem *monitoring* kualitas udara yang efektif, efisien, dan siap untuk diimplementasikan dalam lingkungan kerja nyata.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *monitoring* kualitas udara berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dikembangkan telah mampu bekerja secara terintegrasi antara perangkat keras ESP8266 NodeMCU dan perangkat lunak berbasis firebase Realtime Database serta web dashboard. Pengujian dilakukan pada lingkungan kerja nyata yaitu ruang rapat DISKOMINFOTIK Provinsi Lampung. Sistem ini berhasil mengukur parameter suhu, kelembapan, konsentrasi gas, serta partikulat debu yang merupakan indikator utama dalam menentukan kualitas udara pada lingkungan kerja tertutup. Namun demikian, fokus utama pada penelitian ini terletak pada pengembangan *website* sebagai media *monitoring* yang mampu menyajikan data secara informatif, *realtime*, dan mudah diakses oleh pengguna. Pada sisi perangkat keras, sistem menggunakan ESP8266 NodeMCU sebagai mikrokontroler yang terintegrasi dengan sensor DHT11, MQ-135, dan GP2Y1010AU0F. Ketiga sensor tersebut mampu melakukan pembacaan data secara simultan dan mengirimkan data ke server melalui koneksi WiFi. . adapun bentuk fisik alat *monitoring* kualitas udara dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Prototipe Perangkat Keras

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat mampu bekerja secara stabil dengan tingkat keterlambatan *(delay)* yang relatif rendah, sehingga mendukung kebutuhan pengiriman data secara *realtime*. Pengujian delay pengiriman data dari sensor ke *Firebase* dan *web dashboard* dilakukan sebanyak 5 kali percobaan, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian *Delay* Pengiriman Data

Percobaan	Delay (detik)
Percobaan 1	1,8
Percobaan 2	2,1
Percobaan 3	1,9
Percobaan 4	2
Percobaan 5	1,7

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata *delay* transmisi data adalah 1,9 detik, yang membuktikan bahwa sistem mampu mentransmisikan data secara realtime (< 3 detik). Selanjutnya, evaluasi kinerja pembacaan sensor sebelum dan sesudah kalibrasi relatif terhadap 990 sampel data disajikan pada Tabel 2.

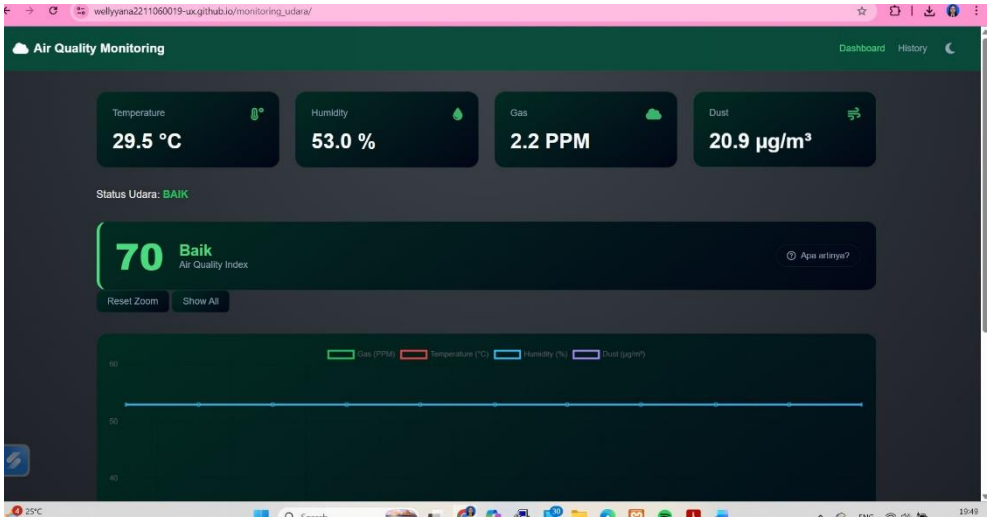
Tabel 2 Perbandingan Kestabilan Pembacaan Sensor

Parameter Sensor	Kondisi Pengujian	Nilai Rata-Rata	Nilai Min	Nilai Maks	Rentang Data (Range)	Evaluasi Dampak Kalibrasi
DHT11 (Suhu °C)	Sebelum Kalibrasi	29,17 °C	25,60 °C	37,00 °C	11,40 °C	Fluktuasi tinggi akibat *noise*
	Sesudah Kalibrasi	28,95 °C	27,80 °C	30,50 °C	2,70 °C	Fluktuasi tinggi akibat *noise*
DHT11 (Kelembaban %)	Sebelum Kalibrasi	60,65%	36,00%	95,00%	59,00%	Terdapat lonjakan nilai ekstrem
	Sesudah Kalibrasi	62,10%	55,00%	70,00%	15,00%	Fluktuasi data lebih terkendal
MQ-135 (Gas PPM)	Sebelum Kalibrasi	2,72 ppm	0,13 ppm	11,75 ppm	11,62 ppm	*Noise* awal *warm-up* tinggi
	Sesudah Kalibrasi	2,10 ppm	1,20 ppm	4,50 ppm	3,30 ppm	Pembersihan *outlier* efektif
GP2Y1010AU0F (Debu µg/m³)	Sebelum Kalibrasi	42,07 µg/m³	0,53 µg/m³	93,05 µg/m³	92,52 µg/m³	Pembacaan tidak konsisten

	Sesudah Kalibrasi	38,50 µg/m³	20,10 µg/m³	55,30 µg/m³	35,20 µg/m³	Konsistensi pembacaan meningkat

Berdasarkan Tabel 3, kalibrasi relatif terbukti berhasil menekan fluktuasi *noise* secara signifikan[cite: 3, 4]: rentang data suhu berkurang sebesar **76,32%** (dari 11,40 ˚C menjadi 2,70 ˚C), rentang kelembaban berkurang **74,58%**, rentang sensor gas MQ-135 berkurang **71,60%** (dari 11,62 menjadi 3,30), dan rentang sensor debu berkurang **61,95%** (dari 92,52 menjadi 35,20)[cite: 3, 4].

Pada sisi perangkat lunak, *website* yang dikembangkan menjadi komponen utama dalam sistem karena berfungsi sebagai media visualisasi dan analisis data. *Dashboard website* dirancang untuk menampilkan data dalam bentuk numerik dan grafik secara *realtime*, sehingga pengguna dapat langsung mengetahui kondisi kualitas udara tanpa perlu melakukan interpretasi data secara manual. Data yang diperoleh dari sensor ditampilkan dalam bentuk grafik tren yang memperlihatkan perubahan nilai terhadap waktu, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengamati pola fluktuasi kualitas udara secara lebih jelas. Kemampuan *realtime* pada *website* didukung oleh mekanisme sinkronisasi data berbasis *cloud*, di mana setiap perubahan data pada *database* akan langsung diperbarui pada tampilan dashboard tanpa memerlukan proses *refresh* halaman. Hal ini meningkatkan efisiensi *monitoring* serta memastikan pengguna memperoleh informasi secara cepat dan akurat. Adapun tampilan dashboard dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 *Dashboard Website* Kualitas Udara

Selain itu, *website* juga dilengkapi dengan fitur penyimpanan data berbasis *cloud* menggunakan *Firebase Realtime Database* yang memungkinkan data tersimpan secara historis dan dapat diakses kembali sesuai kebutuhan. Fitur histori ini mendukung analisis jangka waktu tertentu, seperti pengamatan perubahan kualitas udara harian atau mingguan. Kemampuan ekspor data dalam format CSV dan Excel juga memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melakukan analisis lanjutan di luar sistem. Adapun sampel data *history website* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Sampel Data *History Website*

History Data pada 09 Januari 2026

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Gas (ppm)	Debu (µg/m³)
08:25:28	30.9	88	2.01	30.45
08:25:40	30.9	88	2.84	53.59
08:25:52	30.9	88	2.46	33.13
08:26:04	30.9	88	1.91	20.90
08:26:16	30.9	88	5.09	62.64

History Data Pada 13 Januari 2026

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Gas (ppm)	Debu (µg/m³)
14:37:19	28.5	82	1.14	30.45
14:37:31	28.5	76	2.52	43.52
14:37:43	28.5	76	2.18	46.16
14:37:55	28.5	75	1.91	19.63
14:38:08	28.7	75	2.09	27.45

History Data pada 19 Januari 2026

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Gas (ppm)	Debu (µg/m³)
10:17:24	26.9	77	0.14	11.45
10:17:36	26.8	77	0.52	23.52
10:17:48	26.9	77	1.18	36.16
10:18:01	28	92	5.31	49.36
10:18:14	27.9	73	2.07	48.45

History Data Pada 23 Januari 2026

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Gas (ppm)	Debu (µg/m³)
15:36:41	27.3	72	2.14	23.45
15:36:53	27.3	72	2.52	26.52
15:37:05	27.4	73	2.18	27.16
15:37:17	27.3	73	2.31	39.36
15:37:29	27.5	72	3.07	41.32

History Data pada 25 Januari 2026

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Gas (ppm)	Debu (µg/m³)
12:56:01	25.6	69	1.14	33.45
12:56:13	25.8	69	2.25	36.52
12:56:25	25.8	69	2.18	37.16
12:56:37	25.8	69	2.31	39.36
12:56:49	25.8	69	2.07	41.32

History Data Pada 27 Januari 2026

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Gas (ppm)	Debu (µg/m³)
15:29:25	25.6	64	4.14	31.45
15:29:37	25.8	64	4.25	31.52
15:29:49	25.8	64	4.31	32.16
15:30:01	25.8	64	3.91	33.36
15:30:13	25.8	63	4.07	40.32

History Data pada 30 Januari 2026

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Gas (ppm)	Debu (µg/m³)
13:29:00	29	51	1.99	31.65
13:29:12	29	51	1.97	31.82
13:29:24	29	51	2.19	32.76
13:29:36	29.1	52	3.00	33.26
13:29:50	29.1	52	2.38	30.12

Berdasarkan data pemantauan lingkungan kerja, parameter kualitas udara menunjukkan fluktuasi yang dinamis dengan suhu tercatat dapat mencapai 30,9°C dan kelembapan hingga 89%. Kondisi ini cenderung berada di atas standar kenyamanan termal ideal untuk sebuah ruangan. Di sisi lain, konsentrasi gas yang terpantau mencapai 5,31 ppm dan partikulat debu hingga 62,64 µg/m³ menunjukkan pola perubahan temporal yang berkaitan erat dengan aktivitas pegawai serta penggunaan perangkat elektronik. Hal ini membuktikan bahwa sistem IoT yang dikembangkan tidak sekadar mencatat nilai statis, melainkan efektif mendeteksi dinamika dan faktor pemicu perubahan kualitas udara secara langsung di dalam ruangan. Sebagai nilai tambah dibandingkan

penelitian-penelitian sebelumnya, sistem ini berhasil mengintegrasikan perangkat keras dengan *cloud* (Firebase Realtime Database) dan *dashboard* berbasis web. Integrasi ini mengatasi keterbatasan sistem konvensional dengan menyajikan visualisasi data berupa grafik interaktif secara *real-time* sekaligus merekam data historis secara terstruktur. Ketersediaan fitur penyimpanan dan pelacakan historis ini memungkinkan pengguna untuk menganalisis tren fluktuasi kualitas udara dalam jangka panjang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem *monitoring* kualitas udara berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mengintegrasikan mikrokontroler ESP8266 NodeMCU, sensor DHT11, MQ-135, dan GP2Y1010AU0F berhasil diimplementasikan serta terhubung secara *real-time* dengan Firebase Realtime Database dan *web dashboard*[cite: 3, 4]. Transmisi data secara realtime memiliki rata-rata delay sebesar 1,9 detik. Penerapan kalibrasi relatif pada 990 sampel data terbukti meningkatkan kestabilan pembacaan sensor dengan menekan rentang data ekstrem pada parameter suhu (menjadi 2,70 °C), kelembaban (menjadi 15,00 %), gas (menjadi 3,30), and debu (menjadi 35,20). Meskipun sistem telah berjalan dengan baik, masih terdapat beberapa keterbatasan, seperti ketergantungan terhadap koneksi internet serta akurasi sensor yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada peningkatan akurasi sensor, optimalisasi performa *website*, serta penambahan fitur analisis dan notifikasi otomatis guna meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan.

5. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pengembangan sistem *monitoring* kualitas udara ke depan disarankan untuk menggunakan sensor gas yang mampu mendeteksi senyawa secara spesifik (seperti sensor khusus CO, CO_2, atau TVOC) agar konsentrasi gas target dapat diukur secara presisi, mengingat sensor MQ-135 bersifat umum dan peka terhadap berbagai jenis gas. Selain itu, pengembangan selanjutnya juga dapat difokuskan pada peningkatan kemampuan sistem dalam melakukan analisis data kualitas udara secara lebih mendalam, sehingga tidak hanya menampilkan data *monitoring*, tetapi juga mampu memberikan interpretasi kondisi lingkungan secara lebih akurat. Menambahkan fitur sistem peringatan dini (*early warning system*) berupa notifikasi otomatis melalui media pesan (seperti WhatsApp Bot atau Telegram) ketika parameter kualitas udara melewati batas ambang aman.Melakukan pengujian sistem terhadap pengambilan keputusan pengguna (*decision support and user acceptance testing*) secara terstruktur guna mengukur sejauh mana data yang dihasilkan membantu pengelola gedung dalam tindakan preventif pengelolaan lingkungan kerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Komunikasi Informatika dan Statistik (Diskominfotik) Provinsi Lampung yang telah memberikan kesempatan, dukungan, serta fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini. Selain itu, penulis turut mengapresiasi semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik..

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Setiawan and A. Abdurrahman, "MONITORING KUALITAS UDARA UNTUK MENGUKUR KONSENTRASI PARTIKEL UDARA BERBASIS INTERNET OF THINGS," *JURNAL TELISKA*, vol. 18, pp. 7–14, 2025, doi: 10.5281/zenodo.15855170.

[2] T. Armiani *et al.*, "Implementasi Sistem Manajemen dan Monitoring Peralatan," *Jurnal JUPITER*, p. 71, 2026.

[3] I. Matetić, I. Štajduhar, I. Wolf, and S. Ljubic, "A Review of Data-Driven Approaches and Techniques for Fault Detection and Diagnosis in HVAC Systems," *MDPI*, vol. 23, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.3390/s23010001.

[4] A. Enal Wahyudi, S. Kurniyan Sari, F. Aziz, and J. Jeffry, "Implementation of an Internet of Things (IoT)-Based Air Quality Monitoring System for Enhancing Indoor Environments," *Journal of System and Computer Engineering (JSCE)*, vol. 6, no. 1, pp. 124–130, Jan. 2025, doi: 10.61628/jsce.v6i1.1466.

[5] G. Priyandoko, isa Giant Jeremia, and M. U. Subhan, "Pengendalian Suhu dan Kelembaban Pada Ruang Printer 3D Berbasis Internet of Things," *Teknika*, vol. x, No.x, pp. 1–5, 2025.

[6] Sistem, J., Yana, W., & Handayani, R. D. (2026). *Analisis Kinerja Sensor Menggunakan Kalibrasi Relatif pada Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis IoT*. *17*(1), 121–128.

[7] S. Rizki Putri, K. Khairil, and Y. Andi Rozzi, "Rancang Bangun Web server Untuk Monitoring Suhu dan Gas LPG Berbasis IoT," *Teknika*, vol. x, No.x, pp. 1–5, 2025.

[8] M. R. A. Putra, H. Saputra, and H. Ami, "Sistem Monitoring Dan Prediksi Konsumsi Listrik Menggunakan Metode Long Short-Term Memory (LSTM) Berbasis Internet Of Things (IOT)," *Jurnal JUPITER*, 2025.

[9] L. García, A. J. Garcia-Sanchez, R. Asorey-Cacheda, J. Garcia-Haro, and C. L. Zúñiga-Cañón, "Smart Air Quality Monitoring IoT-Based Infrastructure for Industrial Environments," *MDPI*, vol. 22, no. 23, Dec. 2022, doi: 10.3390/s22239221.

[10] S. M. Petrică, I. Făgărășan, N. Arghira, and I. Munteanu, "Real Time IoT Low-Cost Air Quality Monitoring System," *MDPI*, vol. 18, no. 2, Jan. 2026, doi: 10.3390/su18021074.

[11] R. Aghorru and M. Koprawi, "Rancang Bangun Sistem Pemantau Kualitas Dan Polusi Udara PM2.5 Yang Terintegrasi Dengan Platform IoT," Technologia, vol. 14, no. 3, pp. 311-318, Jul. 2023

[12] R. Muttaqina, W. S. W. Prayitno, N. E. Setyaningsih, and U. Nurbaiti, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis IoT (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135," Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan, vol. 6, no. 2, pp. 102-115, 2024.

[13] D. N. Azizah, S. Heranurweni, and L. O. M. Idris, "Internet of Things Based Air Quality Monitoring System with Automatic Notification," *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 5, no. 3, pp. 776–787, Jun. 2025, doi: 10.57152/malcom.v5i3.1945.

[14] D. Yudo Setyawan, L. Rosmalia, M. Gripin Setiawati, and R. Dwi Handayani, "Kalibrasi Sensor Suhu Udara, Kelembaban dan pH Tanah Menggunakan Metode Linear regression," *Teknika*, 2024.

[15] M. N. A. Ramadan, M. A. H. Ali, S. Y. Khoo, M. Alkhedher, and M. Alherbawi, "Real-time IoT-powered AI system for monitoring and forecasting of air pollution in industrial environment," *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 283, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.ecoenv.2024.116856.

[16] F. A. D. Cahyono and D. Irawan, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Dan Kontrol Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis IoT," Jurnal Elektronika dan Komputer, vol. 17, no. 2, pp. 468-474, Dec. 2024, doi: 10.51903/elkom.v17i2.2208.

[17] F. Hasyim and I. Suharjo, "Sistem Notifikasi Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Produksi Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan ESP8266," Jurnal Ilmiah Komputer Grafis, vol. 17, no. 1, pp. 149-158, Jul. 2024, doi: 10.51903/pixel.v17i1.1990.

[18] M. Ikhwanudin and A. Wiranto, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dan Suhu Menggunakan Sensor MQ 135 Dan DHT 11 Melalui Website Berbasis Internet Of Things (IoT)," JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), vol. 10, no. 1, pp. 1050-1057, Feb. 2026.