



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 23270-23278

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Ruang Avionik Berbasis IoT

Dede Nanda¹, Anang Suryana²

Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Desain, Universitas Nusa Putra

dede.nanda_te22@nusaputra.ac.id, anang.suryana@nusaputra.ac.id

Abstrak

Ruang avionik memerlukan kondisi suhu dan kelembaban yang stabil karena perubahan lingkungan dapat menurunkan kinerja, mempercepat korosi, dan mengurangi umur pakai perangkat elektronik penerbangan. Pemantauan manual memiliki keterbatasan karena bergantung pada inspeksi berkala dan tidak mampu memberikan informasi secara langsung ketika kondisi ruangan berubah. Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji sistem monitoring suhu dan kelembaban ruang avionik berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat diakses secara lokal dan jarak jauh. Penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan metode Research and Development yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi, kalibrasi, serta pengujian sistem. Wemos D1 Mini berbasis ESP8266 digunakan sebagai pusat kendali, sensor DHT22 sebagai pengukur suhu dan kelembaban, LCD I2C 16×2 sebagai tampilan lokal, dan Bot Telegram sebagai media pemantauan jarak jauh. Pengujian sensor dilakukan pada sepuluh titik pengukuran dengan membandingkan hasil DHT22 terhadap thermo-hygrometer digital, sedangkan kinerja komunikasi diuji berdasarkan waktu respons pengiriman data. Hasil pengujian menunjukkan selisih pembacaan suhu sebesar 0,2°C–0,4°C dengan rata-rata sekitar 0,3°C, masih berada dalam toleransi sensor. Seluruh data berhasil dikirim ke Telegram dengan waktu respons rata-rata 1 detik, tercepat 0,8 detik dan terlama 2 detik. Sistem mampu bekerja secara real-time, stabil, ekonomis, serta memudahkan teknisi mendeteksi perubahan kondisi ruang avionik lebih awal sehingga mendukung keamanan dan keandalan peralatan.

Kata Kunci: IoT, WEMOS D1 MINI, DHT22, Monitoring, Suhu, Kelembaban, Ruang Komponen.

1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada industri penerbangan semakin maju, terutama pada sistem avionik yang digunakan sebagai pusat pengendali berbagai perangkat elektronik penerbangan. Perangkat avionik memiliki peranan penting dalam mendukung proses komunikasi, navigasi, monitoring, dan pengujian perangkat elektronik. Oleh karena itu, kondisi lingkungan pada ruang komponen avionik harus dijaga agar tetap stabil untuk mempertahankan performa dan keandalan perangkat elektronik yang disimpan maupun diuji di ruangan tersebut [1]. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya overheating pada perangkat elektronik sehingga berpotensi menurunkan performa bahkan menyebabkan kerusakan komponen. Selain itu, kelembaban udara yang terlalu tinggi juga dapat menimbulkan korosi pada rangkaian elektronik dan mengganggu kestabilan perangkat avionik [2]. Apabila kondisi tersebut tidak segera diketahui dan ditangani, maka dapat berdampak pada menurunnya kualitas, keandalan, serta umur pakai perangkat elektronik. Pada umumnya proses monitoring suhu dan kelembaban ruang komponen masih dilakukan secara manual menggunakan alat ukur konvensional. Cara tersebut dinilai kurang efektif karena teknisi harus melakukan pengecekan secara langsung dan berkala. Selain itu, monitoring manual tidak dapat memberikan informasi kondisi ruangan secara real-time sehingga keterlambatan penanganan dapat terjadi apabila suhu atau kelembaban berada di luar batas normal [3].

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan solusi dalam sistem monitoring modern yang mampu bekerja secara otomatis dan real-time [4]. Teknologi IoT memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet sehingga data monitoring dapat diakses dari jarak jauh menggunakan komputer maupun smartphone [5]. Dalam penelitian ini digunakan mikrokontroler Wemos D1 Mini berbasis ESP8266 sebagai pusat pengendali sistem karena memiliki kemampuan koneksi WiFi yang terintegrasi, ukuran yang kecil, konsumsi daya rendah, serta mudah digunakan dalam pengembangan sistem IoT [6]. Sensor DHT22 digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban ruang komponen dengan tingkat akurasi yang tinggi [7]. Data hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada LCD dan dikirimkan ke Telegram melalui jaringan internet sehingga dapat dipantau secara real-time [8]. Dengan adanya sistem monitoring suhu dan kelembaban ruang komponen

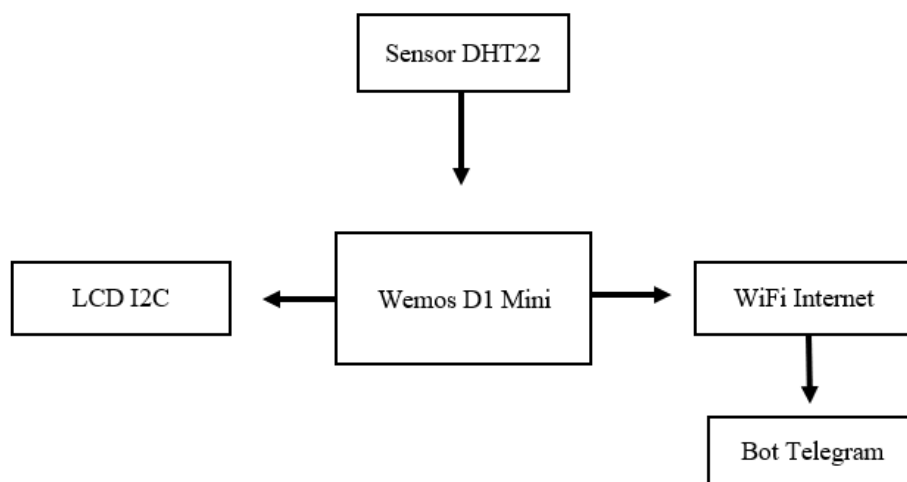
berbasis IoT ini diharapkan proses pemantauan kondisi ruangan menjadi lebih efektif, efisien, dan akurat. Sistem ini juga diharapkan dapat membantu teknisi dalam menjaga kestabilan lingkungan ruang komponen serta mengurangi risiko kerusakan perangkat elektronik avionik. [13]

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan metode Research and Development (R&D) yang mencakup tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Metode ini dipilih karena sesuai untuk mengembangkan dan menguji sistem monitoring berbasis IoT yang dirancang [9].

2.1. Perancangan Sistem

Sistem monitoring dirancang dengan komponen utama: Wemos D1 Mini sebagai pusat kendali, sensor DHT22 untuk pengukuran suhu dan kelembaban, LCD I2C 16x2 untuk tampilan lokal, dan Bot Telegram untuk monitoring jarak jauh. Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 1

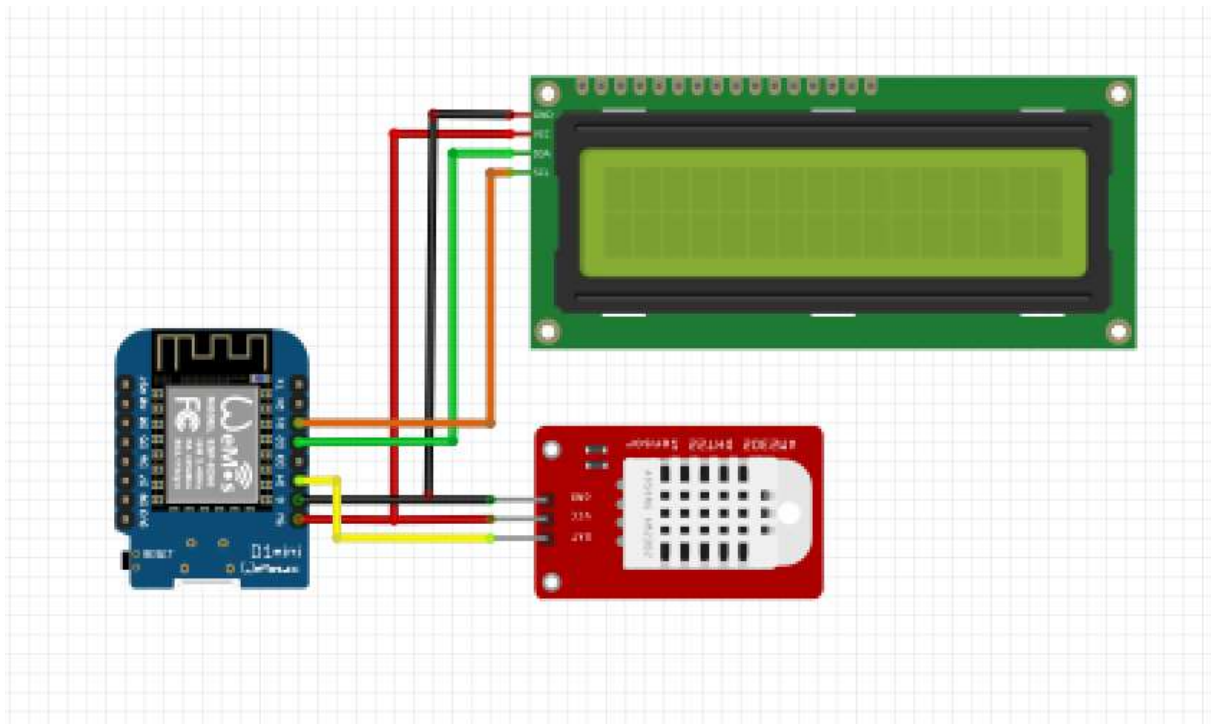


Gambar 1 Diagram Blok Sistem

2.2. Rangkaian Sistem

Rangkaian sistem monitoring suhu dan kelembaban ruang avionik berbasis IoT dirancang dengan mengintegrasikan Wemos D1 Mini, sensor DHT22, dan LCD I2C 16x2. Wemos D1 Mini berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang mengatur seluruh proses pengambilan dan pengolahan data. Sensor DHT22 dihubungkan ke pin digital D4 (GPIO2) Wemos D1 Mini untuk mengirimkan data suhu dan kelembaban yang terukur. Data tersebut kemudian diproses oleh mikrokontroler sebelum ditampilkan pada LCD I2C dan dikirimkan melalui jaringan internet menggunakan koneksi WiFi yang telah terintegrasi pada Wemos D1 Mini [6].

LCD I2C 16x2 digunakan sebagai media tampilan lokal untuk menampilkan informasi suhu dan kelembaban secara langsung. Penggunaan modul I2C memungkinkan komunikasi antara LCD dan Wemos D1 Mini dilakukan hanya melalui dua jalur komunikasi, yaitu SDA dan SCL, sehingga penggunaan pin menjadi lebih efisien dan rangkaian lebih sederhana [10]. Selain menampilkan data pada LCD, Wemos D1 Mini juga mengirimkan data hasil pengukuran ke Telegram Bot melalui jaringan internet. Diagram pengawatan sistem disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pengawatan Sistem

2.3. Konfigurasi Pin

Konfigurasi pin antar komponen disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Konfigurasi Pin

Komponen	Pin Komponen	Pin Wemos D1 Mini
DHT22	VCC	3.3V
DHT22	DATA	D4 (GPIO2)
DHT22	GND	GND
LCD I2C	VCC	5V
LCD I2C	GND	GND
LCD I2C	SDA	D2 (GPIO4)
LCD I2C	SCL	D1 (GPIO5)

2.4. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dalam dua tahap. Pertama, kalibrasi sensor DHT22 dengan membandingkan hasil pembacaan terhadap alat ukur referensi (*thermo-hygrometer* digital) pada 10 titik pengukuran berbeda. Kedua, pengujian pengiriman data ke Telegram dengan mengukur waktu respons pengiriman data dari sensor ke penerima. Kalibrasi alat dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. kalibrasi komponen

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Sensor DHT22

Hasil pengujian sensor DHT22 dibandingkan dengan alat referensi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor DHT22

No	DHT22 Suhu (°C)	Referensi (°C)	Selisih (°C)
1	25,6	25,4	0,2
2	26,1	25,9	0,2
3	26,8	26,6	0,2
4	27,6	27,4	0,2
5	29,4	29,0	0,4
6	29,8	30,1	0,3
7	27,2	27,4	0,2
8	25,1	25,4	0,3
No	DHT22 Suhu (°C)	Referensi (°C)	Selisih (°C)
9	25,7	25,9	0,2

10	26,2	26,5	0,3
----	------	------	-----

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh selisih rata-rata sebesar 0,2°C hingga 0,4°C. Nilai tersebut masih berada dalam batas toleransi sensor DHT22 ($\pm 0,5^\circ\text{C}$) sesuai spesifikasi pabrikan [3][10], sehingga sensor dinilai mampu memberikan hasil pengukuran yang cukup baik untuk kebutuhan monitoring ruang avionik. Sensor DHT22 juga memiliki rentang pengukuran kelembaban 0% hingga 100% RH dengan akurasi $\pm 2\%$ RH [10], yang sesuai untuk memantau kondisi ruang komponen avionik yang sensitif terhadap perubahan kelembaban.

3.2. Pengujian Pengiriman Data ke Telegram

Pengujian Telegram dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengirimkan data suhu dan kelembaban secara *real-time*. Wemos D1 Mini dikonfigurasi terhubung ke jaringan WiFi dan mengirimkan data ke Bot Telegram yang telah dibuat.



Gambar 4. Pengujian Telegram

Hasil pengujian menunjukkan sistem berhasil mengirimkan data monitoring ke Telegram secara otomatis. Waktu respons pengiriman data bervariasi tergantung kondisi jaringan, dengan rata-rata 1 detik (tercepat 0,8 detik, terlambat 2,0 detik). Waktu respons ini tergolong sangat baik untuk aplikasi monitoring *real-time*, karena teknisi dapat menerima informasi kondisi ruangan dalam waktu kurang dari 2 detik setelah data diambil sensor. Seluruh data yang dikirim berhasil diterima oleh Telegram tanpa kegagalan pengiriman.

3.3. Pembahasan

Sistem monitoring suhu dan kelembaban ruang avionik berbasis IoT dapat bekerja sesuai dengan tujuan perancangan. Sensor DHT22 mampu membaca kondisi lingkungan secara *real-time* dan menghasilkan data yang relatif akurat. Nilai suhu dan kelembaban yang diperoleh dapat ditampilkan pada LCD I2C maupun dikirimkan ke Telegram dengan baik.

Penggunaan Telegram sebagai media monitoring memberikan beberapa keuntungan, di antaranya kemudahan akses, biaya implementasi yang rendah, serta kemampuan menerima notifikasi secara langsung melalui smartphone [8]. Dengan adanya fitur ini, teknisi tidak perlu berada di lokasi untuk mengetahui kondisi ruang avionik karena informasi dapat diakses dari mana saja selama tersedia koneksi internet. [15]

Wemos D1 Mini mampu menjalankan fungsi monitoring dan komunikasi secara bersamaan tanpa mengalami gangguan kinerja yang berarti. Modul WiFi yang terintegrasi memungkinkan proses pengiriman data berlangsung dengan cepat dan stabil [6]. Dari sisi operasional, sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efektivitas proses monitoring ruang avionik karena kondisi suhu dan kelembaban dapat dipantau secara terus-menerus. Apabila terjadi kenaikan suhu atau kelembaban yang melebihi batas normal, pengguna dapat segera mengetahui kondisi tersebut melalui Telegram dan melakukan tindakan penanganan lebih lanjut. [14]

Berdasarkan standar lingkungan ruang peralatan elektronik, suhu ruangan ideal berada pada rentang 0°C hingga 40°C dengan kelembaban relatif 30% hingga 80% RH [1][2]. Sistem monitoring ini membantu teknisi menjaga kondisi ruang avionik tetap dalam rentang tersebut, sehingga dapat meningkatkan keandalan peralatan elektronik penerbangan. Penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT dapat meningkatkan efektivitas pengawasan kondisi lingkungan [3][9].

3.3.1. Interpretasi Akurasi dan Konsistensi Sensor

Hasil perbandingan pada sepuluh titik pengukuran memperlihatkan bahwa selisih pembacaan suhu DHT22 terhadap thermo-hygrometer digital berada pada rentang 0,2°C sampai 0,4°C. Jika seluruh selisih absolut tersebut dirata-ratakan, nilainya berada di sekitar 0,25°C dan secara praktis dapat dinyatakan mendekati 0,3°C sebagaimana dirangkum pada hasil penelitian. Besarnya deviasi tersebut masih berada di bawah batas toleransi $\pm 0,5^\circ\text{C}$ yang digunakan sebagai acuan, sehingga sensor dapat dinilai memadai untuk fungsi pemantauan kondisi lingkungan ruang avionik. Temuan ini penting karena sistem yang dibangun tidak ditujukan sebagai instrumen metrologi presisi tinggi, melainkan sebagai perangkat pemantauan yang mampu menunjukkan perubahan kondisi ruangan secara cepat dan konsisten [8][12].

Pola selisih pada Tabel 2 juga menunjukkan bahwa kesalahan pengukuran tidak selalu terjadi pada satu arah. Pada sebagian titik, nilai DHT22 sedikit lebih tinggi daripada alat referensi, sedangkan pada titik lainnya nilainya lebih rendah. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa perbedaan pembacaan lebih mungkin dipengaruhi oleh karakteristik respons sensor, posisi peletakan alat, waktu stabilisasi, dan perubahan iklim mikro di sekitar sensor daripada bias tetap yang selalu menaikkan atau menurunkan nilai. Meskipun demikian, jumlah pengujian yang terbatas belum cukup untuk menyimpulkan pola kesalahan secara statistik. Pengujian lanjutan dengan jumlah sampel yang lebih banyak, interval waktu yang lebih panjang, dan kondisi suhu yang lebih beragam diperlukan untuk mengetahui kestabilan, repeatability, serta kemungkinan terjadinya drift sensor.

Akurasi yang relatif baik perlu dipahami bersama dengan karakteristik operasional DHT22. Sensor ini mempunyai keunggulan berupa integrasi pengukuran suhu dan kelembaban dalam satu modul, antarmuka digital yang sederhana, serta biaya implementasi yang rendah. Karakteristik tersebut sesuai dengan tujuan penelitian untuk menghasilkan sistem yang ekonomis dan mudah diterapkan. Namun, respons DHT22 tidak secepat sensor industri dan ketahanannya dapat dipengaruhi oleh debu, aliran udara yang tidak merata, serta paparan kelembaban tinggi dalam waktu lama. Oleh karena itu, proses kalibrasi berkala tetap diperlukan agar pembacaan tidak hanya akurat pada saat awal pengujian, tetapi juga tetap dapat dipercaya selama sistem digunakan.

3.3.2. Kinerja Komunikasi dan Pemantauan Real-Time

Pengujian pengiriman data menunjukkan waktu respons rata-rata sekitar 1 detik, dengan nilai tercepat 0,8 detik dan terlambat 2 detik. Rentang waktu tersebut cukup cepat untuk pemantauan suhu dan kelembaban karena perubahan kedua parameter lingkungan pada ruang tertutup umumnya berlangsung lebih lambat dibandingkan proses komunikasi data. Dengan demikian, keterlambatan maksimum dua detik tidak mengurangi fungsi utama sistem sebagai sarana deteksi dini. Seluruh pesan yang berhasil diterima selama pengujian juga memperlihatkan bahwa integrasi Wemos D1 Mini, jaringan WiFi, dan Telegram Bot telah berjalan sesuai rancangan [14][15].

Kecepatan pengiriman bukan satu-satunya indikator keberhasilan sistem. Aspek penting lainnya adalah kontinuitas pemantauan dan ketersediaan informasi ketika salah satu jalur komunikasi mengalami gangguan. Dalam rancangan ini, LCD I2C berfungsi sebagai tampilan lokal, sedangkan Telegram menjadi kanal pemantauan jarak jauh. Arsitektur dua jalur tersebut memberikan manfaat operasional karena teknisi yang berada di lokasi tetap dapat membaca kondisi ruangan melalui LCD meskipun koneksi internet terputus. Sebaliknya, ketika jaringan tersedia, teknisi dapat mengakses data melalui smartphone tanpa harus memasuki ruang avionik. Kombinasi ini membuat sistem lebih praktis dibandingkan pemantauan yang hanya mengandalkan satu media.

Meskipun hasil pengiriman selama pengujian menunjukkan kinerja yang baik, latensi Telegram tetap bergantung pada kualitas sinyal WiFi, kepadatan jaringan, akses internet, dan ketersediaan layanan Bot API. Oleh sebab itu, nilai rata-rata satu detik sebaiknya dipahami sebagai hasil pada kondisi pengujian, bukan jaminan tetap untuk seluruh kondisi operasional. Dalam penerapan jangka panjang, sistem perlu dilengkapi mekanisme percobaan pengiriman ulang, pencatatan pesan yang gagal, indikator status koneksi, dan penyimpanan sementara ketika internet tidak tersedia. Fitur tersebut akan mencegah hilangnya informasi penting serta memudahkan evaluasi apabila terjadi gangguan komunikasi.

3.3.3. Relevansi Sistem terhadap Pengelolaan Ruang Avionik

Ruang avionik menyimpan atau mendukung pengujian perangkat elektronik yang sensitif terhadap perubahan lingkungan. Peningkatan suhu dapat mempercepat degradasi komponen, meningkatkan beban termal, dan memengaruhi kestabilan kerja perangkat, sedangkan kelembaban tinggi dapat meningkatkan risiko kondensasi dan korosi pada konektor maupun jalur rangkaian [1][2]. Sistem yang dikembangkan memberikan informasi kondisi

ruangan secara kontinu sehingga perubahan suhu dan kelembaban dapat diketahui lebih awal. Informasi tersebut mendukung teknisi dalam menentukan tindakan, seperti memeriksa sistem pendingin, ventilasi, sumber panas, kebocoran udara lembap, atau kondisi pintu ruangan.

Rentang 0°C sampai 40°C dan kelembaban relatif 30% sampai 80% RH yang digunakan dalam pembahasan merupakan rentang umum pengoperasian peralatan elektronik. Dalam praktik ruang avionik, batas peringatan sebaiknya ditetapkan lebih spesifik berdasarkan karakteristik perangkat yang disimpan, rekomendasi pabrikan, kondisi fasilitas, dan prosedur pemeliharaan yang berlaku. Penetapan ambang yang terlalu lebar dapat menyebabkan sistem terlambat memberikan peringatan, sedangkan ambang yang terlalu sempit dapat menimbulkan notifikasi berulang akibat fluktuasi kecil. Karena itu, implementasi berikutnya perlu menerapkan batas normal, batas waspada, dan batas kritis yang disesuaikan dengan kebutuhan operasional.

Nilai utama sistem bukan hanya pada kemampuan menampilkan angka, tetapi pada kemampuannya mendukung pengambilan keputusan pemeliharaan. Data suhu dan kelembaban yang tersedia secara langsung dapat menjadi dasar pemeriksaan lebih cepat sebelum kondisi lingkungan berkembang menjadi gangguan yang lebih serius. Namun, sistem ini masih berfungsi sebagai perangkat monitoring dan belum melakukan pengendalian otomatis terhadap pendingin atau dehumidifier. Tindakan korektif tetap bergantung pada respons teknisi. Oleh karena itu, penggunaan sistem perlu disertai prosedur operasional yang menjelaskan siapa penerima notifikasi, berapa lama waktu respons yang diharapkan, dan tindakan apa yang harus dilakukan pada setiap tingkat peringatan.

3.3.4. Efisiensi Arsitektur Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Pemilihan Wemos D1 Mini berbasis ESP8266 mendukung desain sistem yang ringkas karena fungsi pemrosesan dan komunikasi WiFi tersedia dalam satu papan kendali. Penggunaan satu pin digital untuk DHT22 serta komunikasi I2C untuk LCD juga membuat kebutuhan pin relatif sedikit dan susunan rangkaian lebih sederhana. Kesederhanaan tersebut mempermudah proses perakitan, pemeriksaan koneksi, dan perawatan perangkat. Selain itu, konsumsi daya dan biaya komponen yang relatif rendah memungkinkan sistem direplikasi pada lebih dari satu ruangan tanpa kebutuhan investasi yang besar [10][14].

Dari sisi perangkat lunak, Telegram dipilih karena mudah diakses dan tidak memerlukan pembuatan aplikasi seluler khusus. Bot dapat digunakan untuk menampilkan data, meminta status ruangan, maupun mengirim peringatan kepada pengguna yang telah ditentukan. Pendekatan ini mempercepat implementasi awal dan sesuai untuk prototipe. Akan tetapi, penggunaan platform pihak ketiga juga menimbulkan ketergantungan terhadap koneksi internet, perubahan kebijakan layanan, token akses, dan pengaturan keamanan akun. Token bot harus disimpan dengan aman dan akses pengguna perlu dibatasi agar informasi kondisi fasilitas tidak dapat diterima atau dimanipulasi oleh pihak yang tidak berkepentingan [15].

Arsitektur sistem juga memiliki potensi untuk dikembangkan secara modular. Satu node sensor dapat ditempatkan pada setiap ruang atau pada beberapa titik dalam ruangan yang luas, kemudian seluruh data dikirim ke pusat pemantauan. Pengembangan multi-node akan memberikan gambaran distribusi suhu dan kelembaban yang lebih representatif dibandingkan satu titik pengukuran. Data juga dapat disimpan dalam basis data untuk menghasilkan grafik harian, mingguan, dan bulanan. Riwayat tersebut berguna untuk mengenali pola kenaikan suhu, mengevaluasi kinerja pendingin ruangan, serta mendukung kegiatan pemeliharaan berbasis kondisi.

3.3.5. Keterbatasan Pengujian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menafsirkan hasil. Pertama, pengujian akurasi dilakukan pada sepuluh titik pengukuran dan lebih banyak menampilkan perbandingan suhu, sedangkan evaluasi kuantitatif terhadap kesalahan kelembaban belum disajikan secara rinci. Padahal, kelembaban merupakan salah satu parameter utama dalam pencegahan korosi dan kondensasi. Pengujian berikutnya perlu mencantumkan nilai kelembaban DHT22, nilai alat referensi, selisih absolut, rata-rata kesalahan, serta penyimpangan maksimum agar kinerja kedua parameter dapat dievaluasi secara seimbang.

Kedua, pengujian komunikasi dilakukan dalam periode terbatas dan belum menggambarkan kestabilan operasi selama 24 jam atau beberapa minggu. Belum diketahui bagaimana sistem merespons pemutusan listrik, restart router, perubahan alamat jaringan, gangguan internet, atau kegagalan layanan Telegram. Pengujian ketahanan jangka panjang perlu mencatat uptime, jumlah pesan berhasil dan gagal, penggunaan memori, kestabilan koneksi, serta kemampuan sistem kembali beroperasi secara otomatis setelah gangguan. Pengujian tersebut penting karena perangkat monitoring harus dapat bekerja terus-menerus tanpa memerlukan reset manual yang sering.

Ketiga, penggunaan satu sensor hanya menggambarkan kondisi pada lokasi pemasangan. Suhu dan kelembaban di dalam ruangan dapat berbeda antara area dekat pintu, sumber panas, ventilasi, rak bagian atas, dan sudut ruangan. Posisi sensor yang terlalu dekat dengan dinding, LCD, mikrokontroler, atau hembusan pendingin dapat menghasilkan pembacaan yang tidak mewakili kondisi rata-rata. Oleh karena itu, penentuan lokasi sensor perlu mempertimbangkan sirkulasi udara dan sumber gangguan termal. Untuk ruang yang lebih besar, penggunaan

beberapa sensor dan perhitungan nilai rata-rata atau nilai maksimum akan menghasilkan pemantauan yang lebih representatif.

Keempat, prototipe yang dikembangkan belum dapat diposisikan sebagai sistem keselamatan penerbangan yang tersertifikasi. Sistem ini lebih tepat digunakan sebagai fasilitas pendukung pemeliharaan dan pemantauan lingkungan. Sebelum diterapkan pada lingkungan operasional yang menuntut keandalan tinggi, diperlukan pengujian elektromagnetik, keamanan catu daya, ketahanan perangkat, perlindungan enclosure, keamanan siber, dokumentasi konfigurasi, dan validasi prosedur respons. Penegasan ruang lingkup ini penting agar keberhasilan prototipe tidak ditafsirkan melebihi fungsi yang telah diuji.

3.3.6. Implikasi Pengembangan Sistem

Berdasarkan hasil dan keterbatasan tersebut, pengembangan selanjutnya dapat diarahkan pada penambahan notifikasi otomatis berbasis ambang. Sistem dapat mengirim pesan normal secara periodik dan pesan peringatan ketika nilai melewati batas tertentu selama beberapa kali pembacaan berturut-turut. Penggunaan jeda dan hysteresis diperlukan agar notifikasi tidak terus berulang ketika nilai berada tepat di sekitar ambang. Pesan peringatan sebaiknya memuat waktu, identitas ruangan, nilai suhu, nilai kelembaban, tingkat kondisi, serta saran tindakan awal sehingga teknisi dapat merespons dengan lebih cepat dan terarah.

Sistem juga perlu dilengkapi pencatatan data lokal atau pada server. Penyimpanan riwayat akan mengubah sistem dari sekadar alat pemantau sesaat menjadi sumber informasi untuk analisis kondisi fasilitas. Data historis dapat digunakan untuk membandingkan kondisi sebelum dan sesudah perawatan pendingin, mendeteksi pola gangguan pada jam tertentu, serta memperkirakan kebutuhan pemeriksaan. Untuk meningkatkan keandalan, dapat ditambahkan real-time clock, watchdog timer, backup catu daya, indikator kegagalan sensor, dan mekanisme sinkronisasi data setelah koneksi kembali tersedia.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan berbasis Wemos D1 Mini, DHT22, LCD I2C, dan Telegram telah memenuhi fungsi dasar monitoring suhu dan kelembaban. Akurasi sensor berada dalam toleransi yang digunakan, komunikasi berlangsung cepat, dan informasi dapat diakses melalui tampilan lokal maupun jarak jauh. Keunggulan utama sistem terletak pada kesederhanaan, biaya yang relatif rendah, serta kemudahan penerapan. Dengan pengujian jangka panjang, pengamanan komunikasi, penambahan penyimpanan data, dan penerapan prosedur alarm yang jelas, prototipe ini berpotensi menjadi bagian dari sistem pemeliharaan lingkungan ruang avionik yang lebih terstruktur [3][9][13].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, sistem monitoring suhu dan kelembaban ruang avionik berbasis IoT telah bekerja sesuai dengan fungsi yang direncanakan. Sensor DHT22 mampu mendeteksi dan mengukur suhu serta kelembaban ruang avionik secara kontinu, kemudian mengirimkan data tersebut kepada Wemos D1 Mini untuk diproses lebih lanjut. Data hasil pengukuran berhasil ditampilkan pada LCD I2C sebagai media monitoring lokal dan dikirimkan ke Telegram melalui jaringan internet sehingga dapat dipantau dari jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring suhu dan kelembaban secara real-time dengan tingkat akurasi yang baik (rata-rata selisih 0,3°C dari alat referensi) serta tingkat keberhasilan pengiriman data ke Telegram yang sangat baik dengan waktu respons rata-rata 1 detik. Sistem juga mampu memberikan kemudahan bagi teknisi dalam melakukan pengawasan kondisi lingkungan tanpa harus selalu berada di lokasi ruang avionik. Dari sisi implementasi, penggunaan teknologi IoT terbukti dapat meningkatkan efektivitas proses monitoring karena informasi kondisi lingkungan dapat diakses kapan saja dan dari mana saja selama tersedia koneksi internet. Hal ini memberikan nilai tambah dalam kegiatan pemeliharaan fasilitas pendukung avionik karena potensi gangguan akibat perubahan suhu dan kelembaban dapat diketahui lebih awal. Sistem yang dikembangkan dapat dijadikan sebagai alternatif solusi monitoring lingkungan ruang avionik yang sederhana, ekonomis, dan mudah diimplementasikan untuk mendukung keandalan peralatan elektronik penerbangan.

Referensi

- [1] A. R. A, N. Desryanto, and S. Lamtiar, "Rancang Bangun Kontrol dan Monitoring AC Berbasis IoT pada Peralatan Telekomunikasi dan Navigasi Penerbangan PERUM LPPNPI AIRNAV Cabang Bandung," *J. Rev. Pendidik. Pengajaran*, vol. 8, no. 2, pp. 5390–5397, 2025.
- [2] B. Niam and R. P. Jaya, "Pengembangan Deteksi Suhu Dan Kelembaban Laboratorium Elektronika Menggunakan Wemos Dengan Tampilan Website," vol. 5, no. 1405, pp. 173–180, 2023.
- [3] R. F. Maulana, M. A. Ramadhan, W. Maharani, and M. I. Maulana, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Berbasis IOT Studi Kasus Ruang Server IT Telkom Surabaya," vol. 1, no. 3, pp. 224–231, 2023.
- [4] M. K. Ikhsan and I. P. Sari, "Perancangan Sistem Keamanan Kamar Kos Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Menggunakan Wemos D1 Mini dan Sensor Pintu, serta Integrasi Pemberitahuan Melalui Telegram," 2025.
- [5] S. Misra, A. Mukherjee, and A. Roy, *Introduction to IoT*. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 2025.
- [6] "Avionik," *Wikipedia*. [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Avionik>. [Accessed: Jul. 10, 2026].
- [7] "WEMOS D1 MINI ESP32," *PlatformIO*. [Online]. Available: <https://docs.platformio.org>. [Accessed: Jul. 10, 2026].

- [8] "DHT22 Temperature-Humidity Sensor," Waveshare Electronics. [Online]. Available: <https://www.waveshare.com/product/dht22-temperature-humidity-sensor.htm>. [Accessed: Jul. 10, 2026].
- [9] "Telegram," Google Play. [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.telegram.messenger>. [Accessed: Jul. 10, 2026].
- [10] R. Zahira, P. Sivaraman, C. Sharmeela, and S. Padmanaban, "Introduction to the Internet of Things," in *IoT for Smart Grid*, pp. 1–16, 2025.
- [11] "Kelembapan Udara & Relatif," BMKG. [Online]. Available: <https://gaw-bariri.bmkg.go.id>. [Accessed: Jul. 10, 2026].
- [12] "DHT22 High-accuracy temperature and humidity sensor," GUILCOR SENSORS. [Online]. Available: <https://www.guilcor.com>. [Accessed: Jul. 10, 2026].
- [13] R. R. Ribeiro, E. Bauer, and R. Lameiras, "HIGROTERM: An Open-Source and Low-Cost Temperature and Humidity Monitoring System for Laboratory Applications," *Inventions*, vol. 6, no. 4, Art. no. 84, 2021, doi: 10.3390/inventions6040084.
- [14] Espressif Systems, ESP8266EX Datasheet, version 7.1, 2025. [Online]. Available: <https://www.espressif.com/en/support/documents/technical-documents>. [Accessed: Jul. 24, 2026].
- [15] Telegram, Telegram Bot API. [Online]. Available: <https://core.telegram.org/bots/api>. [Accessed: Jul. 24, 2026].