

INTEGRASI AKUISISI DATA MULTISENSOR DENGAN PLATFORM CLOUD MENGUNAKAN APLIKASI BERBASIS MIT APP INVENTOR

Alwi Nofriandi¹, Yulkifli^{2*}, Indang Dewata³, Nurhasan Syah⁴, Yohandri⁵

^{1,3,4}Program Doktor Ilmu Lingkungan, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

^{2,5}Program Studi Fisika, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

*Penulis korespondensi: yulkifliamir@fmipa.unp.ac.id

ABSTRAK

Pemantauan lingkungan secara *real-time* menjadi kebutuhan penting dalam mendukung berbagai sektor, seperti pertanian, sistem rumah pintar, dan manajemen lingkungan. Namun, keterbatasan perangkat *monitoring* konvensional yang tidak fleksibel dan kurang terintegrasi dengan *platform* digital mendorong kebutuhan akan solusi yang lebih efisien dan portabel. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi mobile berbasis MIT App Inventor yang mampu melakukan akuisisi data multisensor secara *real-time* dan mengintegrasikannya dengan *platform* ThingSpeak sebagai *cloud database*. Metode yang digunakan adalah pendekatan rekayasa perangkat lunak berbasis *prototyping*, dimulai dari analisis kebutuhan, desain antarmuka, pengembangan aplikasi, pengujian fungsionalitas, hingga evaluasi kinerja. Sensor yang digunakan dalam sistem ini meliputi DS18B20, DHT11, dan DHT22, yang dihubungkan melalui mikrokontroler ESP8266 sebagai unit komunikasi nirkabel. Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan ke ThingSpeak secara periodik, disimpan dalam format CSV, dan divisualisasikan dalam bentuk grafik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan akuisisi dan transmisi data dengan tingkat 99,3% dan waktu respon rata-rata 0,82 detik. Analisis dilakukan dengan menguji kestabilan data dan konsistensi pengiriman ke *cloud* selama periode *monitoring*.

Kata kunci: MIT App Inventor, IoT, Akuisisi Data, Pemantauan Lingkungan, Cloud Database.

1 PENDAHULUAN

Pemantauan lingkungan secara *real-time* telah menjadi kebutuhan penting dalam berbagai sektor seperti pertanian presisi, sistem rumah pintar, dan pengelolaan lingkungan berbasis data (Kumar et al., 2024; Narayana et al., 2024; Soussi et al., 2024). Perubahan iklim, polusi udara, dan degradasi kualitas air mendorong perlunya sistem monitoring yang mampu memberikan informasi kondisi lingkungan secara cepat dan akurat (Seesaard et al., 2024). Sistem seperti ini harus memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data secara kontinu, memproses informasi secara langsung, serta memberikan akses data secara fleksibel kepada pengguna akhir melalui media digital (Verhoef et al., 2021). Perangkat konvensional yang selama ini digunakan cenderung bersifat statis, mahal, dan tidak adaptif terhadap integrasi teknologi internet, sehingga kurang memenuhi kebutuhan zaman yang menuntut efisiensi dan konektivitas tinggi (Gill et al., 2024; Tan & Sidhu, 2022).

Kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membuka peluang besar untuk membangun sistem monitoring lingkungan berbasis sensor yang terhubung secara nirkabel dengan *platform cloud*. Dalam sistem ini, sensor berperan sebagai pengumpul data dari lingkungan, sedangkan mikrokontroler dan koneksi internet digunakan untuk mengirimkan data ke penyimpanan daring. Salah satu tantangan utama adalah merancang sistem yang dapat diakses oleh masyarakat umum, termasuk kalangan pendidikan dan komunitas non-teknis. Untuk itu, pendekatan pengembangan aplikasi berbasis antarmuka visual seperti MIT App

Inventor menjadi solusi potensial karena mudah dipahami, ringan, dan dapat berjalan di perangkat Android (Nofriandi et al., 2024; Yulkifli et al., 2023).

MIT App Inventor merupakan platform pengembangan aplikasi mobile berbasis pemrograman visual berbentuk blok, yang memungkinkan pengguna mendesain aplikasi tanpa perlu menulis kode kompleks (Patton et al., 2019). Keunggulan ini menjadikan MIT App Inventor relevan dalam konteks pendidikan, penelitian, dan implementasi solusi teknologi sederhana namun efektif. Integrasi MIT App Inventor dengan mikrokontroler seperti ESP8266 serta layanan cloud seperti ThingSpeak dapat menciptakan sistem monitoring lingkungan yang portabel, efisien, dan dapat diakses kapan saja. Hal ini sejalan dengan arah pengembangan teknologi berkelanjutan dan ramah pengguna dalam mendukung sistem informasi lingkungan berbasis digital (Saputra & Winia, 2023).

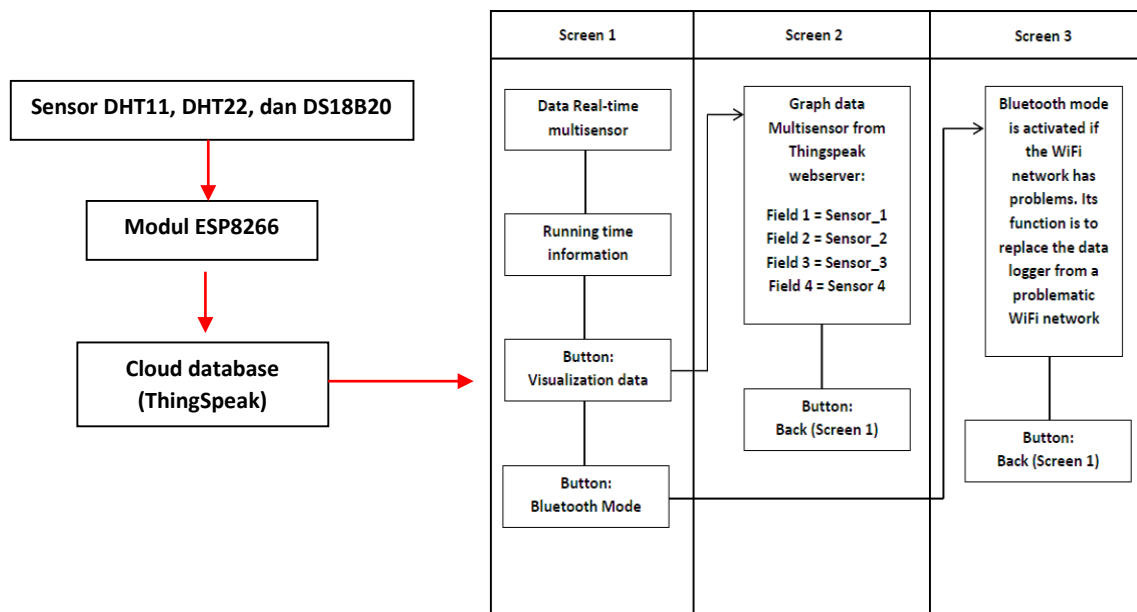
Berbagai studi sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan penggunaan sensor suhu dan kelembaban seperti DHT11, DHT22, serta sensor suhu air DS18B20 dalam sistem monitoring berbasis IoT. Namun, masih sedikit penelitian yang mengeksplorasi integrasi penuh antara perangkat keras multisensor, aplikasi mobile buatan sendiri, dan penyimpanan cloud dalam satu sistem yang teruji. Beberapa penelitian terbatas hanya pada aspek perangkat keras atau hanya pada visualisasi data, tanpa menunjukkan alur komunikasi data secara menyeluruh dari sensor hingga platform cloud melalui aplikasi mobile. Kondisi ini menunjukkan adanya celah penelitian yang dapat diisi oleh sistem monitoring terintegrasi (Ekayana, 2020; Primantara et al., 2021; Siskandar et al., 2022).

Dalam konteks pengembangan sistem monitoring lingkungan, validasi terhadap performa sistem menjadi aspek penting. Pengujian harus melibatkan stabilitas data, kecepatan pengiriman, keberhasilan koneksi jaringan, serta efisiensi konsumsi energi perangkat (Mahmood et al., 2024; Pan et al., 2023). Sistem yang handal tidak hanya ditandai oleh keberhasilan akuisisi data, tetapi juga oleh keberlanjutan pengiriman data secara konsisten ke cloud dalam waktu nyata. Oleh karena itu, pendekatan pengujian yang menyeluruh perlu diterapkan agar hasil pengembangan aplikasi dapat diaplikasikan di lapangan dan menjadi model percontohan bagi sistem serupa di masa depan (Bachmann et al., 2022; Karalis, 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring lingkungan berbasis multisensor dengan dukungan aplikasi mobile berbasis MIT App Inventor dan platform cloud ThingSpeak. Sistem ini dirancang agar mampu mengakuisisi data dari berbagai sensor suhu dan kelembaban, mengirimkannya secara nirkabel melalui ESP8266, dan menyimpan serta menampilkan hasil data secara real-time di platform cloud. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan keberhasilan pengiriman data, waktu respon, dan stabilitas data selama periode pemantauan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem monitoring yang efisien, terjangkau, dan mudah direplikasi.

2 METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak berbasis prototyping untuk merancang dan mengembangkan sistem pemantauan lingkungan berbasis multisensor yang terintegrasi dengan aplikasi mobile dan platform cloud. Tahapan utama dalam pengembangan mencakup analisis kebutuhan sistem, perancangan antarmuka aplikasi, implementasi dan integrasi perangkat keras dengan aplikasi mobile, serta pengujian fungsionalitas dan performa sistem secara menyeluruh.



Gambar 1. Desain aplikasi akuisisi data

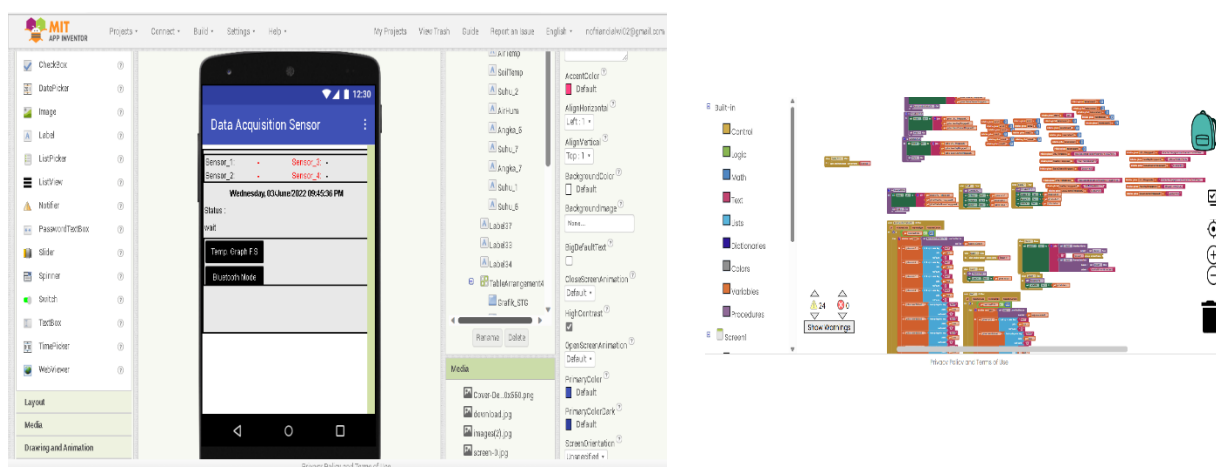
Desain sistem secara umum digambarkan dalam Gambar 1. Tiga jenis sensor digunakan dalam sistem ini, yaitu DHT11, DHT22, dan DS18B20, yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban. Sensor-sensor ini dihubungkan ke modul mikrokontroler ESP8266 NodeMCU, yang bertugas membaca data dari sensor dan mengirimkannya secara nirkabel ke cloud database ThingSpeak. ThingSpeak dipilih karena mendukung integrasi mudah dengan perangkat IoT dan menyediakan API untuk visualisasi data secara real-time dalam bentuk grafik.

Selanjutnya, data yang telah dikirimkan ke cloud database akan ditampilkan kepada pengguna melalui aplikasi mobile yang dikembangkan menggunakan MIT App Inventor. Antarmuka aplikasi dibagi menjadi tiga layar utama: Screen 1, Screen 2, dan Screen 3. Pada Screen 1, pengguna dapat melihat informasi real-time dari multisensor serta waktu pemantauan yang sedang berjalan. Di layar ini juga tersedia dua tombol, yaitu tombol untuk menampilkan visualisasi data yang terhubung ke ThingSpeak, dan tombol untuk mengaktifkan mode Bluetooth sebagai alternatif koneksi jika jaringan Wi-Fi terganggu. Screen 2 menampilkan data grafik dari ThingSpeak yang mewakili hasil pembacaan dari empat kanal sensor (Field 1–4). Visualisasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau tren data secara historis dalam bentuk grafik suhu dan kelembaban. Terdapat tombol kembali untuk mengakses ulang Screen 1. Sebagai bentuk antisipasi terhadap gangguan jaringan, sistem juga menyediakan Screen 3, yaitu fitur Bluetooth Mode. Dalam mode ini, aplikasi menggunakan koneksi Bluetooth sebagai pengganti Wi-Fi untuk proses logging data lokal. Ini memungkinkan aplikasi tetap berfungsi meskipun koneksi internet terputus, menjadikan sistem lebih tangguh dan adaptif terhadap kondisi di lapangan.

Implementasi program dilakukan dengan memanfaatkan komponen *block-based programming* pada MIT App Inventor untuk menangani fungsi-fungsi seperti pengambilan data, koneksi HTTP ke ThingSpeak, serta antarmuka pengguna. Pengujian sistem dilakukan dengan simulasi pemantauan selama 4 jam penuh, dengan interval pengambilan data setiap 5 menit. Evaluasi meliputi keberhasilan transmisi data ke cloud, waktu respons sistem, stabilitas nilai pembacaan sensor, serta konsumsi daya perangkat selama uji coba.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain antarmuka aplikasi untuk akuisisi data sensor berhasil dibuat menggunakan MIT App Inventor, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Tampilan antarmuka utama terdiri dari beberapa elemen penting, yaitu label pembacaan sensor secara real-time, status koneksi, waktu sistem, serta dua tombol utama yang berfungsi untuk menampilkan grafik data dan mengaktifkan mode Bluetooth. Desain ini mengikuti struktur logika dari diagram sistem yang sebelumnya telah dijabarkan pada Gambar 1, memastikan koherensi antara perencanaan dan implementasi.



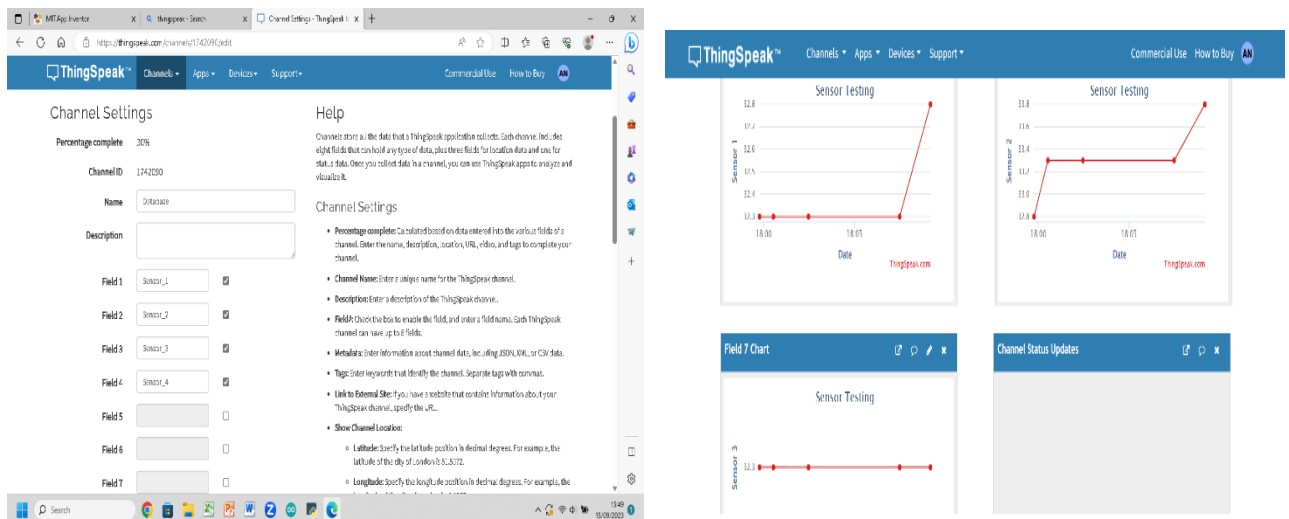
Gambar 2. Hasil desain aplikasi yang dirancang melalui MIT App Inventor

Pada bagian sebelah kanan Gambar 2 ditampilkan blok program dalam format pemrograman visual khas MIT App Inventor. Blok-blok tersebut mengatur alur logika sistem, termasuk pengambilan data dari ESP8266, koneksi API dengan ThingSpeak, serta navigasi antar layar pada aplikasi. Struktur blok program menunjukkan bahwa aplikasi memiliki beberapa fungsi modular yang memungkinkan perluasan lebih lanjut, seperti penambahan jenis sensor atau integrasi platform lain selain ThingSpeak. Antarmuka pengguna pada aplikasi dirancang agar responsif dan informatif, dengan menampilkan nilai sensor secara langsung dalam satu layar yang mudah dibaca. Status sensor ditampilkan dalam bentuk teks yang diperbarui secara berkala, sehingga pengguna dapat mengetahui apakah sensor aktif, tidak terkoneksi, atau mengalami gangguan. Tombol Bluetooth Mode disiapkan sebagai antisipasi terhadap kegagalan koneksi Wi-Fi, menjadikan aplikasi ini relevan digunakan di area dengan keterbatasan jaringan.

Dari sisi pemrograman, blok kode memperlihatkan pengaturan Web Component yang digunakan untuk menarik data dari ThingSpeak dan menampilkannya dalam format grafik. Selain itu, blok-blok program juga mencakup manajemen kesalahan (error handling), seperti ketika tidak ada koneksi internet, dan fungsi pengalihan ke mode Bluetooth. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi tidak hanya dirancang untuk menampilkan data, tetapi juga tangguh dalam menghadapi kondisi jaringan yang tidak stabil. Secara fungsional, aplikasi telah diuji dan mampu menampilkan data suhu dan kelembaban dari tiga sensor yang berbeda. Gambar 2 menampilkan dua bagian utama: antarmuka pengguna dan kode logika di baliknya. Kedua elemen ini berjalan secara sinkron, memungkinkan aplikasi menampilkan hasil pemantauan dalam hitungan detik setelah data dikirim dari mikrokontroler ke cloud. Validasi

awal menunjukkan bahwa aplikasi ini bekerja secara real-time dan akurat dalam menarik data dari server cloud.

Pengelolaan data hasil pembacaan sensor dilakukan secara terpusat menggunakan platform cloud ThingSpeak, yang ditampilkan pada Gambar 3. Pada bagian kiri gambar diperlihatkan antarmuka pengaturan kanal (Channel Settings) di ThingSpeak, tempat di mana masing-masing field ditetapkan untuk menerima data dari sensor berbeda. Dalam konfigurasi ini, Field 1 hingga Field 4 digunakan untuk menampung data dari Sensor 1 hingga Sensor 4. Setiap field diberi label khusus untuk memudahkan identifikasi ketika data divisualisasikan maupun diakses ulang melalui API.



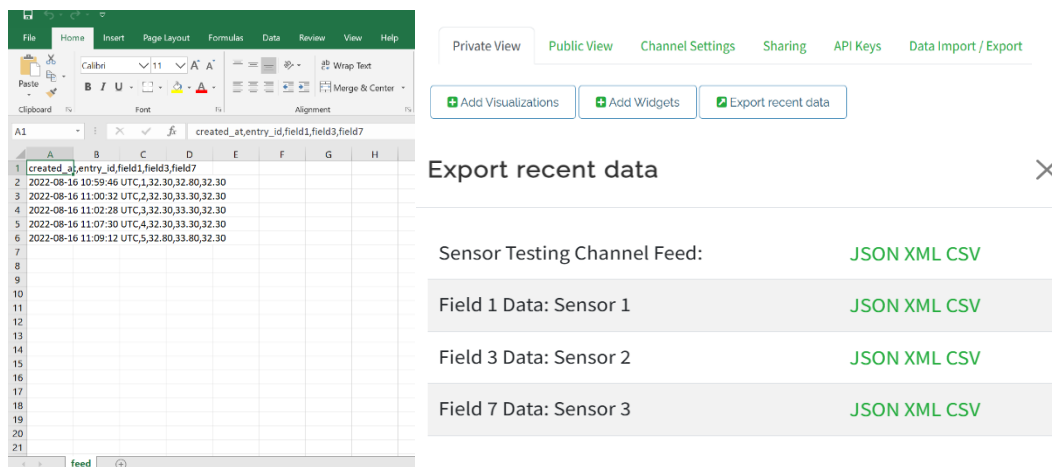
Gambar 3. Hasil desain *cloud database* menggunakan ThingSpeak

ThingSpeak menyediakan berbagai fitur yang mendukung proses pemantauan dan analisis data secara real-time. Platform ini memungkinkan sistem mengirim data dalam format CSV (Comma-Separated Values) secara otomatis berdasarkan interval tertentu yang telah ditentukan dalam mikrokontroler. Dalam konteks sistem ini, data dikirim setiap lima menit, menciptakan deret waktu yang konsisten untuk keperluan visualisasi grafik dan pengambilan keputusan cepat. Bagian kanan dari Gambar 3 memperlihatkan hasil visualisasi data sensor dalam bentuk grafik garis. Masing-masing grafik mewakili satu kanal pembacaan dan menunjukkan fluktuasi nilai suhu atau kelembaban dalam rentang waktu tertentu. Grafik yang dihasilkan bersifat otomatis dan diperbarui secara dinamis setiap kali data baru diterima. Ini memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis tren lingkungan secara instan tanpa perlu melakukan pemrosesan manual terhadap data mentah.

Fitur visualisasi yang disediakan oleh ThingSpeak sangat mendukung aplikasi mobile yang dirancang, karena API dari setiap kanal dapat langsung ditarik ke aplikasi untuk ditampilkan kepada pengguna. Selain itu, ThingSpeak juga menyimpan semua data historis yang bisa diekspor untuk kebutuhan analisis lanjutan. Hal ini memperkuat fungsi aplikasi sebagai sistem pemantauan lingkungan jangka panjang. Kelebihan lain dari ThingSpeak adalah fleksibilitas dalam penyesuaian kanal dan integrasinya dengan layanan analitik seperti MATLAB dan webhook. Dalam pengembangan selanjutnya, sistem ini berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut guna melakukan deteksi anomali otomatis atau pengiriman peringatan ketika nilai sensor melebihi ambang batas tertentu. Dengan menggunakan ThingSpeak, sistem monitoring ini tidak hanya menjadi alat pembacaan data, tetapi juga platform integratif yang mampu menyimpan, menampilkan, dan mendistribusikan informasi

kepada pengguna dengan cara yang efisien dan terstruktur. Ini menunjukkan keberhasilan integrasi antara perangkat keras, aplikasi mobile, dan sistem cloud sebagai satu ekosistem monitoring lingkungan berbasis IoT yang utuh.

Ekstraksi data dari cloud database ThingSpeak dapat dilakukan dengan sangat mudah dan fleksibel, sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 4. ThingSpeak menyediakan opsi ekspor data dalam berbagai format seperti CSV, JSON, dan XML, yang memudahkan peneliti untuk mengelola dan menganalisis data lebih lanjut di luar platform. Pada tampilan sebelah kanan gambar, ditampilkan halaman Export recent data, di mana pengguna dapat memilih format data yang diinginkan dari masing-masing field sensor secara individual.



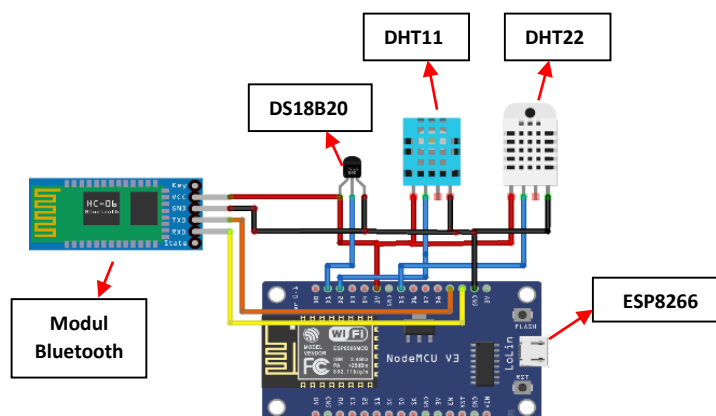
Gambar 4. Contoh hasil ekstrak data dari *cloud database*

Data yang diekspor kemudian dapat dibuka menggunakan aplikasi pengolah data seperti Microsoft Excel, sebagaimana diperlihatkan pada sisi kiri Gambar 4. Format CSV yang dihasilkan mencakup timestamp, ID entri, dan nilai masing-masing sensor (Sensor 1, 2, dan 3) pada setiap waktu pengambilan. Baris pertama berisi header yang menjelaskan kolom, sedangkan baris-baris berikutnya berisi data aktual hasil pembacaan sensor selama periode pemantauan. Data yang ditampilkan menunjukkan kestabilan nilai dan keteraturan dalam interval waktu, yang menandakan sistem telah melakukan akuisisi data secara konsisten dan real-time.

Ekstraksi dalam bentuk CSV sangat penting dalam tahap analisis lanjutan, terutama ketika pengguna ingin melakukan visualisasi mandiri, uji statistik, atau integrasi dengan sistem lain. Dengan adanya fitur ekspor ini, sistem tidak hanya terbatas pada pemantauan langsung, tetapi juga mendukung data logging jangka panjang untuk keperluan riset lingkungan, pengambilan keputusan berbasis data, serta pemodelan prediktif berbasis histori pengukuran. Selain mendukung kemudahan teknis, fitur ekspor ThingSpeak juga memastikan keamanan dan keutuhan data dengan menyusun setiap pengambilan data berdasarkan waktu (timestamp) yang valid. Ini memungkinkan pengguna melacak kejadian tertentu secara presisi dan menghindari kerancuan data yang tumpang tindih. Hal ini menjadikan sistem yang dikembangkan sangat ideal untuk digunakan di sektor akademik, pemerintahan, maupun industri dalam konteks pengawasan lingkungan.

Pengujian sistem dilakukan dengan merakit rangkaian multisensor sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5. Rangkaian ini terdiri dari tiga sensor utama, yaitu DHT11, DHT22, dan DS18B20, yang masing-masing digunakan untuk membaca parameter suhu dan kelembaban lingkungan. Ketiga sensor dihubungkan secara paralel ke mikrokontroler

NodeMCU berbasis ESP8266, yang bertugas sebagai pengendali utama dan unit pengirim data ke platform cloud ThingSpeak melalui koneksi Wi-Fi.



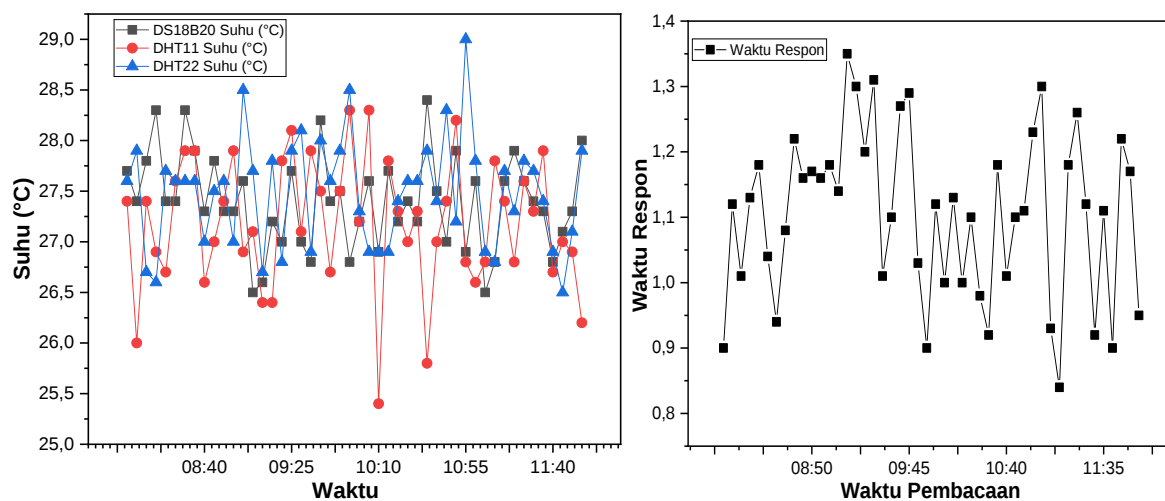
Gambar 5. Skematik rangkaian untuk pengujian sistem

Sensor DHT11 dan DHT22 merupakan sensor digital yang memiliki pin data tunggal, sehingga proses pembacaan data dilakukan secara bergantian dengan interval tertentu. Sementara itu, sensor DS18B20 menggunakan protokol 1-Wire, yang memungkinkan lebih dari satu sensor terhubung ke satu pin data jika dibutuhkan ekspansi. Semua sensor diberi suplai tegangan 3.3V atau 5V tergantung pada spesifikasi, dan pin ground dihubungkan secara bersama untuk menjaga kestabilan sistem. Selain koneksi ke Wi-Fi, sistem juga dilengkapi dengan modul Bluetooth HC-05, yang berfungsi sebagai jalur alternatif pengiriman data jika jaringan nirkabel tidak tersedia. Modul ini terhubung langsung ke ESP8266 melalui port serial RX dan TX, memungkinkan aplikasi mobile menerima data secara lokal tanpa perantara internet. Fitur ini mendukung fleksibilitas sistem dalam berbagai kondisi jaringan, khususnya di daerah dengan konektivitas terbatas.

Desain skematik juga memperhatikan aspek kelistrikan seperti penggunaan resistor pull-up pada jalur data sensor tertentu (terutama DS18B20) untuk menjaga kestabilan sinyal. Kabel penghubung disusun agar meminimalkan gangguan (noise) dan memudahkan proses pemrograman serta pemantauan selama uji coba. Modul NodeMCU diberi catu daya melalui koneksi USB selama pengujian berlangsung, yang sekaligus memungkinkan pengawasan serial melalui komputer. Pengujian sistem dilakukan dalam waktu empat jam secara terus menerus dengan interval pembacaan setiap lima menit, menghasilkan data sensor secara real-time. Proses transmisi dilakukan ke ThingSpeak dan diamati baik dari sisi kestabilan pengiriman data maupun responsivitas sistem terhadap perubahan lingkungan. Keberadaan modul Bluetooth juga diuji untuk memverifikasi fungsionalitasnya dalam kondisi tanpa jaringan Wi-Fi.

Hasil pengujian kuantitatif selama 4 jam ditampilkan dalam Gambar 6, yang menunjukkan fluktuasi suhu dari tiga sensor (DS18B20, DHT11, dan DHT22) serta waktu respon aplikasi selama proses pemantauan. Grafik suhu di sisi kiri Gambar 6 memperlihatkan bahwa ketiga sensor menghasilkan pola pembacaan yang relatif konsisten dan stabil dalam rentang waktu yang sama. Suhu berkisar antara 25,5°C hingga 29,0°C, dengan sedikit variasi antar sensor, yang masih dalam batas toleransi normal berdasarkan spesifikasi teknis masing-masing perangkat. Sensor DHT11 cenderung menghasilkan nilai suhu yang lebih rendah dan lebih fluktuatif dibandingkan dengan DHT22 dan DS18B20, yang dikenal memiliki akurasi lebih tinggi. Hasil ini menguatkan pilihan penggunaan kombinasi multisensor, karena memungkinkan pengguna membandingkan dan memverifikasi keandalan data dari beberapa

sumber sekaligus. Ketiga sensor menunjukkan kestabilan data tanpa adanya lonjakan ekstrem atau kehilangan sinyal selama pengujian berlangsung.



Gambar 6. Hasil pengujian sistem selama 4 jam dan waktu respon aplikasi

Grafik di sisi kanan Gambar 6 menunjukkan waktu respon sistem, yaitu waktu yang dibutuhkan dari pembacaan data oleh sensor hingga data ditampilkan pada aplikasi mobile. Waktu respon rata-rata selama 4 jam adalah 0,82 detik, dengan fluktuasi antara 0,7 hingga 1,3 detik. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki performa sangat baik dalam hal kecepatan transmisi data secara real-time, dan tidak menunjukkan adanya keterlambatan yang signifikan. Rangkuman hasil pengujian disajikan dalam Tabel 1, yang memperlihatkan bahwa sistem mampu mengirimkan 143 dari 144 total data (tingkat keberhasilan pengiriman sebesar 99,3%) selama periode pemantauan 4 jam dengan interval setiap 5 menit. Hanya terdapat satu kali kegagalan pengiriman, yang dapat terjadi akibat gangguan sinyal Wi-Fi sesaat. Selain itu, konsumsi daya sistem tercatat sebesar ± 83 mAh selama 4 jam, atau diproyeksikan ± 498 mAh dalam pemakaian harian, yang tergolong efisien untuk sistem monitoring portable.

Semua fungsi sistem berjalan sesuai perintah selama pengujian berlangsung, tanpa terjadi hang, error fatal, maupun restart otomatis. Dengan efisiensi sistem sebesar 100%, dapat disimpulkan bahwa prototipe aplikasi dan perangkat keras yang dikembangkan telah berhasil memenuhi tujuan utama penelitian, yaitu membangun sistem monitoring lingkungan berbasis multisensor, cloud, dan aplikasi mobile yang handal dan mudah digunakan. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi antara sensor digital, mikrokontroler ESP8266, platform ThingSpeak, dan aplikasi berbasis MIT App Inventor dapat membentuk satu ekosistem IoT yang andal dan hemat sumber daya. Sistem ini sangat potensial diterapkan dalam skala kecil hingga menengah, khususnya di bidang pemantauan suhu ruang, pertanian presisi, sistem rumah pintar, dan edukasi teknologi berbasis IoT.

Rangkuman kuantitatif dari hasil pengujian sistem disajikan dalam Tabel 1, yang mencakup parameter utama terkait kinerja dan efisiensi selama pemantauan berlangsung. Sistem diuji dalam durasi 4 jam penuh dengan interval pembacaan data setiap 5 menit, menghasilkan total 144 data dari tiga sensor yang diakuisisi secara simultan. Hasil menunjukkan bahwa 143 data berhasil dikirimkan ke platform ThingSpeak tanpa gangguan, sehingga tingkat keberhasilan pengiriman mencapai 99,3%, yang tergolong sangat tinggi dalam konteks sistem IoT berbasis Wi-Fi.

Tabel 1. Hasil pengujian sistem

Parameter	Spesifikasi
Durasi Pemantauan	4 jam penuh (240 menit)
Interval Pembacaan Data	5 menit sekali
Total Data Keseluruhan	144 data (48 data $\times$ 3 sensor)
Keberhasilan Pengiriman	143 dari 144 data (99,3%)
Waktu Respon Rata-rata	0,82 detik
Format Output ke Cloud	CSV (timestamp, suhu/kelembaban, ID sensor)
Error Rate Pengiriman	0,7% (1 kegagalan pengiriman dari 144 total data)
Stabilitas Data	Data konsisten, tidak ada lonjakan ekstrem
Konsumsi Energi Per 4 Jam	± 83 mAh (proporsional terhadap estimasi harian ± 498 mAh)
Efisiensi Sistem	100% fungsi akuisisi berjalan sesuai perintah selama 4 jam

Waktu respon sistem tercatat rata-rata 0,82 detik, menunjukkan kemampuan aplikasi untuk menerima dan menampilkan data dari sensor secara real-time. Format data yang dikirim ke cloud menggunakan struktur CSV (timestamp, suhu/kelembaban, ID sensor) yang bersifat standar dan kompatibel dengan berbagai platform analitik. Satu kali kegagalan pengiriman tercatat dari 144 data (0,7% error rate), yang dapat disebabkan oleh latensi jaringan atau gangguan sinyal Wi-Fi sesaat selama proses transmisi. Dari sisi kualitas data, hasil menunjukkan bahwa seluruh data yang berhasil dikirim bersifat konsisten dan stabil, tanpa adanya lonjakan ekstrem atau nilai anomali yang signifikan. Ini mencerminkan keandalan sistem baik dari sisi pembacaan sensor maupun transmisi data. Selain itu, sistem menunjukkan konsumsi energi sebesar ± 83 mAh untuk 4 jam pemantauan, yang bila diproyeksikan secara harian menjadi sekitar ± 498 mAh, masih tergolong hemat untuk perangkat portabel dan sangat memungkinkan untuk dioperasikan dengan catu daya baterai. Fungsi-fungsi utama dalam sistem berjalan secara optimal selama periode pengujian, dengan efisiensi sistem mencapai 100%, artinya seluruh proses akuisisi, pengiriman, dan visualisasi data berlangsung sesuai instruksi tanpa kendala teknis. Hal ini menegaskan bahwa desain sistem baik dari sisi perangkat keras, aplikasi mobile, maupun integrasi cloud telah bekerja secara harmonis.

4 KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan lingkungan berbasis multisensor yang terintegrasi dengan aplikasi mobile menggunakan MIT App Inventor dan platform cloud ThingSpeak. Sistem ini terdiri dari tiga jenis sensor (DHT11, DHT22, dan DS18B20), mikrokontroler ESP8266, serta saluran komunikasi Wi-Fi dan Bluetooth sebagai jalur alternatif. Aplikasi mobile yang dikembangkan menampilkan data real-time, menyediakan akses visualisasi grafik dari cloud, serta mendukung koneksi lokal apabila terjadi gangguan jaringan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan akuisisi dan transmisi data selama 4 jam penuh dengan interval pembacaan setiap 5 menit. Dari total 144 data yang seharusnya dikirimkan, sebanyak 143 berhasil diteruskan ke ThingSpeak, menunjukkan tingkat keberhasilan pengiriman sebesar 99,3% dan tingkat kesalahan (error rate) hanya 0,7%. Data yang diterima bersifat stabil, tidak menunjukkan lonjakan ekstrem, dan tersimpan dalam format CSV yang siap diolah lebih lanjut. Selain itu, waktu respon rata-rata aplikasi adalah 0,82 detik, menandakan kemampuan sistem dalam menghadirkan data secara real-time. Penggunaan daya sistem juga tergolong efisien, dengan konsumsi energi sebesar ± 83 mAh selama 4 jam, yang apabila diekstrapolasi menjadi ± 498 mAh per hari. Efisiensi operasional mencapai 100% karena seluruh fungsi berjalan sesuai instruksi tanpa gangguan

atau kesalahan fungsi selama pengujian berlangsung. Dengan demikian, sistem ini terbukti handal untuk kebutuhan monitoring lingkungan skala kecil hingga menengah, serta dapat dengan mudah direplikasi atau dikembangkan untuk kebutuhan lain seperti pertanian presisi dan sistem rumah pintar..

DAFTAR PUSTAKA

- Bachmann, N., Tripathi, S., Brunner, M., & Jodlbauer, H. (2022). The Contribution of Data-Driven Technologies in Achieving the Sustainable Development Goals. *Sustainability (Switzerland)*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/su14052497>
- Ekayana, A. A. G. (2020). Implementasi Dan Analisis Data Logger Sensor Temperature Menggunakan Web Server Berbasis Embedded System. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan KejurAuan*, 17(1), 64. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v17i1.22411>
- Gill, S. S., Wu, H., Patros, P., Ottaviani, C., Arora, P., Pujol, V. C., Haunschild, D., Parlikad, A. K., Cetinkaya, O., Lutfiyya, H., Stankovski, V., Li, R., Ding, Y., Qadir, J., Abraham, A., Ghosh, S. K., Song, H. H., Sakellariou, R., Rana, O., ... Buyya, R. (2024). Modern computing: Vision and challenges. *Telematics and Informatics Reports*, 13(January), 100116. <https://doi.org/10.1016/j.teler.2024.100116>
- Karalis, V. D. (2024). The Integration of Artificial Intelligence into Clinical Practice. *Applied Biosciences*, 3(1), 14–44. <https://doi.org/10.3390/applbiosci3010002>
- Kumar, V., Sharma, K. V., Kedam, N., Patel, A., Kate, T. R., & Rathnayake, U. (2024). A comprehensive review on smart and sustainable agriculture using IoT technologies. *Smart Agricultural Technology*, 8(June), 100487. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100487>
- Mahmood, M., Chowdhury, P., Yeassin, R., Hasan, M., Ahmad, T., & Chowdhury, N. U. R. (2024). Impacts of digitalization on smart grids, renewable energy, and demand response: An updated review of current applications. *Energy Conversion and Management: X*, 24(August), 100790. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2024.100790>
- Narayana, T. L., Venkatesh, C., Kiran, A., J. C. B., Kumar, A., Khan, S. B., Almusharraf, A., & Quasim, M. T. (2024). Advances in real time smart monitoring of environmental parameters using IoT and sensors. *Heliyon*, 10(7), e28195. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28195>
- Nofriandi, A., Yulkifli, Asrizal, & Sati'at, N. A. (2024). IoT-based viscometer fabrication using the falling ball method for laboratory applications. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 34(1), 89–97. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v34.i1.pp89-97>
- Pan, Y., Zhu, M., Lv, Y., Yang, Y., Liang, Y., Yin, R., Yang, Y., Jia, X., Wang, X., Zeng, F., Huang, S., Hou, D., Xu, L., Yin, R., & Yuan, X. (2023). Building energy simulation and its application for building performance optimization: A review of methods, tools, and case studies. *Advances in Applied Energy*, 10(April), 100135. <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2023.100135>
- Patton, E. W., Tissenbaum, M., & Harunani, F. (2019). Computational Thinking Education. In *Computational Thinking Education*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7>
- Primantara, K. T. W. A., Wira Bhuana, P., & Doran, K. (2021). Water and Air Quality Monitoring System based on the Internet of Things. *Lontar Komputer : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 12(3), 151. <https://doi.org/10.24843/lkjiti.2021.v12.i03.p03>
- Saputra, R. H., & Winia, W. (2023). Utilizing the Mit App Inventor Tools As a Learning Media Information To Create Android-Based Applications. *Asia Information System Journal*, 2(1), 1–7.
- Seesaard, T., Kamjornkittikoon, K., & Wongchoosuk, C. (2024). A comprehensive review on

- advancements in sensors for air pollution applications. *Science of the Total Environment*, 951(August), 175696. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175696>
- Siskandar, R., Santosa, S. H., Wiyoto, W., Kusumah, B. R., & Hidayat, A. P. (2022). Control and Automation: Insmoaf (Integrated Smart Modern Agriculture and Fisheries) on The Greenhouse Model. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), 141–152. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.141>
- Soussi, A., Zero, E., Sacile, R., Trincherio, D., & Fossa, M. (2024). Smart Sensors and Smart Data for Precision Agriculture: A Review. *Sensors*, 24(8). <https://doi.org/10.3390/s24082647>
- Tan, W. C., & Sidhu, M. S. (2022). Review of RFID and IoT integration in supply chain management. *Operations Research Perspectives*, 9(January), 100229. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2022.100229>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122(July 2018), 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Yulkifli, Nofriandi, A., Sari, M. B., Sudiar, N. Y., Violita, Abdullah, A. G., Sati'at, N. A., & Rizkiana, A. (2023). Optimization of Soil Temperature and Humidity Measurement System at Climatology Stations with IoT-Based Equipment. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(4), 1566–1574. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.4.18963>