



Implementasi *Integrasi Disk Operating System (DOS)* dengan Sistem *Embedded Logger Cuaca Berbasis Automatic Voltage Regulator (AVR)*

Ratu Fitri Salsabila^{1*}, Dirmansyah², Pratama Heru³

^{1,2,3} Program Studi Manajemen Informatika, Akademi Manajemen Informatika dan Komputer (AMIK)
Bukittinggi, Indonesia

*Penulis Korespondensi: ratufitri1604@gmail.com

Abstract. *The development of embedded system technology is now widely used to support automatic environmental data recording processes, such as temperature, humidity, and air pressure. However, most existing weather data loggers still operate independently and are not directly connected to a computer. As a result, data collection and processing must be done manually, which is less efficient and prone to data loss. The main problem in this research is the lack of integration between microcontroller-based data loggers and simple computer operating systems such as the Disk Operating System (DOS), making it difficult to automatically store and access recorded data. This study aims to develop an embedded weather data logger system based on the AVR microcontroller integrated with DOS. The development process uses the waterfall model, consisting of system planning, requirement analysis, system design, coding, testing, and implementation. The designed system records weather parameters in real time and stores them in a file format that can be directly read by DOS without requiring additional conversion processes. The test results show that the system runs stably, records data accurately, and can be easily accessed through a computer. Integration with DOS allows data storage and retrieval processes to be faster and more efficient. Therefore, this system provides a practical solution for automatic weather monitoring that is reliable, time-saving, and easy to use in various environmental conditions.*

Keywords: AVR Microcontroller; DOS System; Embedded System; Technology; Weather Recorder.

Abstrak. Perkembangan teknologi sistem tertanam (embedded system) kini banyak dimanfaatkan untuk membantu proses pencatatan data lingkungan secara otomatis, seperti suhu, kelembapan, dan tekanan udara. Namun, kebanyakan alat pencatat data cuaca (data logger) yang ada masih bekerja secara terpisah dan belum bisa terhubung langsung dengan komputer. Akibatnya, proses pengambilan dan pengolahan data masih dilakukan secara manual, yang membuat pekerjaan menjadi kurang efisien dan berisiko kehilangan data. Masalah utama dalam penelitian ini adalah belum adanya integrasi antara sistem pencatat data berbasis mikrokontroler dengan sistem operasi sederhana seperti Disk Operating System (DOS), sehingga dibutuhkan sistem yang mampu menyimpan dan mengakses data secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem embedded logger cuaca berbasis mikrokontroler AVR yang terintegrasi dengan DOS. Metode pengembangan yang digunakan adalah model waterfall, yang meliputi tahap perencanaan, analisis kebutuhan, desain sistem, pengkodean, pengujian, dan implementasi. Sistem ini dirancang untuk mencatat data cuaca secara real-time, lalu menyimpannya dalam format file yang dapat langsung dibaca oleh DOS tanpa perlu konversi tambahan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara stabil, menyimpan data dengan akurat, dan mudah diakses melalui komputer. Integrasi dengan DOS menjadikan proses penyimpanan serta pembacaan data lebih cepat dan efisien. Dengan demikian, sistem ini menjadi solusi praktis untuk pemantauan cuaca yang otomatis, hemat waktu, dan mudah digunakan di berbagai kondisi lingkungan.

Kata kunci: Pencatat Cuaca; Mikrokontroler AVR; Sistem DOS; Embedded System; Teknologi.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi sistem tertanam semakin pesat dan banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, salah satunya dalam sistem pemantauan cuaca otomatis yang dikenal dengan *data logger cuaca*. Sistem ini berfungsi mencatat data lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan tekanan udara secara berkala untuk dianalisis lebih lanjut. Namun, penerapan sistem tersebut masih menghadapi sejumlah kendala teknis. Sistem *data logger* berbasis mikrokontroler ATmega16 yang dikembangkan masih memiliki keterbatasan kapasitas

penyimpanan karena hanya menggunakan EEPROM internal, sehingga tidak mampu menyimpan data dalam jangka waktu panjang (Rismawati, 2020). Sementara itu, penerapan SD Card sebagai media penyimpanan mampu memperluas kapasitas, tetapi sering mengalami ketidakcocokan format dengan komputer karena belum menggunakan sistem file standar seperti FAT16/FAT32 (Pratama, 2021). Sistem yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ATmega8535 juga menunjukkan hasil pencatatan data yang masih dalam bentuk mentah (*raw data*), sehingga sulit dibaca oleh pengguna tanpa perangkat lunak khusus (Marpaung & Ervianto, 2018). Selain itu, pada implementasi sistem logger untuk kegiatan praktikum di laboratorium, keterbatasan perangkat lunak dan pencatatan yang masih semi-manual menyebabkan keterlambatan dalam pengambilan dan pengolahan data (Efendi et al., 2024). Dari beberapa penelitian tersebut, dapat dirumuskan bahwa permasalahan utama sistem *data logger* terletak pada kapasitas penyimpanan yang kecil, format data yang tidak universal, serta kompatibilitas yang rendah dengan sistem operasi modern.9990

2. KAJIAN TEORITIS

Kajian teori dari berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengembangan sistem *data logger* memerlukan pemahaman yang kuat terhadap perangkat keras, sistem tertanam, dan teknik penyimpanan digital. Pengembangan alat pencatat suhu berbiaya rendah dapat membantu pengguna dalam mendapatkan data akurat tanpa perangkat mahal (Idris, 2014). Integrasi sistem *data logger* dengan alat pemantau berbasis mikrokontroler juga mampu meningkatkan efisiensi dan kecepatan pengambilan data (Firman, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh ITDA menekankan pentingnya sinkronisasi waktu dan kalibrasi sensor agar hasil pengukuran yang dihasilkan lebih akurat dan konsisten (Sukmana & Sari, 2022). Selain itu, penerapan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang pemantauan data jarak jauh secara *real-time*, sehingga pengguna dapat mengakses hasil pengukuran kapan pun tanpa harus datang ke lokasi (Wibowo, 2022). Di sisi lain, penelitian tentang efisiensi memori dan kestabilan pemrosesan menunjukkan bahwa sistem mikrokontroler yang dirancang dengan algoritma optimal dapat bekerja lebih cepat dan hemat daya (Ikhwanudin, 2024). Dari beberapa teori tersebut dapat disimpulkan bahwa kualitas sistem *embedded logger* sangat bergantung pada efisiensi pemrosesan, manajemen penyimpanan, dan sinkronisasi antar komponen. Penelitian sebelumnya juga memberikan landasan dalam hal keamanan dan kestabilan sistem operasi yang digunakan pada sistem tertanam. Kajian mengenai perbandingan performa CPU antara FreeBSD dan RedHat Linux terhadap serangan Denial of Service (DoS) menunjukkan

bahwa FreeBSD lebih stabil dan efisien dalam menjaga performa sistem ketika terjadi gangguan, yang menjadi acuan dalam menjaga kestabilan sistem *embedded* (Tampati et al., 2023). Penelitian lain mengulas cara kerja instruksi bahasa pemrograman yang sering dimanfaatkan dalam pembuatan virus komputer dan *loop batch*, yang menegaskan pentingnya sistem operasi sederhana dan aman agar tidak mudah terganggu oleh program berbahaya (Wahyudi et al., 2013). Sementara itu, kajian tentang *Internet Worm Program* menyoroti dampak lemahnya keamanan jaringan terhadap kestabilan sistem operasi, yang menjadi pelajaran penting dalam perancangan sistem tertanam yang tahan gangguan (Spafford, 2000). Penelitian terakhir membahas penerapan sistem keamanan berlapis pada mikrokontroler AVR untuk mencegah gangguan perangkat lunak, yang terbukti mampu meningkatkan kestabilan kerja dan mencegah kerusakan data pada sistem pencatatan otomatis (Sari, 2022). Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa kestabilan sistem operasi, keamanan perangkat lunak, dan efisiensi manajemen data merupakan komponen penting dalam pengembangan sistem *embedded logger cuaca* berbasis mikrokontroler AVR yang terintegrasi dengan sistem operasi DOS agar lebih stabil, kompatibel, dan efisien dalam pemantauan data lingkungan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan dua jenis sumber data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap sistem pencatat data cuaca yang digunakan di lapangan serta wawancara dengan pengguna dan teknisi yang berhubungan langsung dengan alat tersebut. Tujuan dari pengumpulan data primer ini adalah untuk mengetahui permasalahan yang sering muncul pada sistem pencatat data yang belum terhubung dengan komputer. Sedangkan data sekunder diperoleh dari buku, jurnal, dan penelitian sebelumnya yang membahas tentang sistem tertanam, mikrokontroler AVR, serta penerapan sistem operasi sederhana seperti DOS dalam proses penyimpanan dan pengolahan data (Sutopo, 2019; Rahmawati & Hidayat, 2021).

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode analisis yang berfokus pada pengamatan, analisis kebutuhan, dan pengembangan sistem. Data yang diperoleh digunakan untuk menemukan kendala yang terjadi pada sistem pencatat data konvensional, kemudian dikembangkan solusi berupa sistem *embedded logger cuaca* yang mampu menyimpan data secara otomatis dan terintegrasi dengan Disk Operating System (DOS). Dalam proses perancangan sistem, digunakan metode pengembangan perangkat lunak

model waterfall. Model ini dipilih karena memiliki langkah-langkah yang terstruktur, dimulai dari analisis kebutuhan, desain sistem, pengkodean, pengujian, hingga implementasi. Setiap tahap dilakukan secara berurutan agar sistem yang dihasilkan dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu menciptakan alat pencatat data cuaca berbasis mikrokontroler AVR yang efisien, mudah digunakan, dan mampu terhubung dengan DOS secara stabil.

Tahapan kerja pada penelitian ini adalah sebagai berikut : (Aulia et al., 2025)

a. Perencanaan Sistem (System Planning)

Tahap ini dimulai dengan merencanakan sistem yang akan dikembangkan berdasarkan rumusan masalah penelitian. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi mengenai kebutuhan sistem, seperti jenis data yang akan dicatat, metode penyimpanan, dan cara komunikasi antara mikrokontroler dengan komputer. Selain itu, dilakukan juga analisis kelayakan untuk memastikan sistem yang dibuat dapat dijalankan dengan perangkat dan sumber daya yang tersedia.

b. Analisis Sistem (System Analyze)

Tahapan ini dilakukan untuk mempelajari sistem pencatat data yang sudah ada sebelumnya. Analisis dilakukan dengan tujuan untuk memahami cara kerja sistem lama, pengguna utama, serta kendala yang dihadapi. Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa sistem lama masih memiliki keterbatasan dalam hal penyimpanan dan pembacaan data. Oleh karena itu, dirancang sistem baru yang dapat menyimpan data dalam format yang dapat langsung dibaca melalui DOS tanpa proses konversi tambahan.

c. Desain Sistem Secara Umum (Design Logic)

Tahap ini merupakan proses perancangan konsep kerja sistem secara menyeluruh tanpa memperhatikan detail teknis perangkat keras atau perangkat lunak. Dalam tahap ini dibuat rancangan arsitektur sistem yang menggambarkan hubungan antara sensor cuaca, mikrokontroler AVR, media penyimpanan, dan sistem operasi DOS. Hasil dari tahap ini berupa gambaran umum alur kerja sistem dari proses pengambilan data sensor sampai penyimpanan ke dalam file yang bisa dibuka melalui komputer.

d. Desain Sistem Secara Rinci (Design Physic)

Tahap ini merupakan pengembangan dari desain umum ke tahap teknis yang lebih spesifik. Dalam tahap ini ditentukan komponen yang digunakan seperti jenis sensor suhu dan kelembapan, tipe mikrokontroler, media penyimpanan data, serta bahasa pemrograman yang digunakan. Selain itu, ditentukan juga cara integrasi antara sistem DOS dan

mikrokontroler agar data yang direkam dapat disimpan dan dibaca langsung melalui komputer.

e. Implementasi (Implementation)

Tahap ini merupakan proses penerapan dari rancangan sistem ke bentuk nyata. Mikrokontroler diprogram agar dapat membaca data dari sensor, mengolahnya, dan menyimpannya ke media penyimpanan dengan format yang dapat dikenali DOS. Setelah sistem selesai dibuat, dilakukan pengujian untuk memastikan semua fungsi berjalan dengan baik dan data dapat tersimpan serta diakses dengan benar. Jika hasilnya sesuai dengan rancangan, maka sistem diinstal dan diuji secara berkelanjutan untuk melihat kestabilan dan kehandalan alat dalam jangka waktu tertentu

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem embedded logger cuaca berbasis mikrokontroler AVR berhasil diintegrasikan dengan sistem file DOS menggunakan media penyimpanan berupa SD card. Dalam sistem ini, mikrokontroler AVR bertugas sebagai unit utama pengolah data dari sensor-sensor cuaca, seperti sensor suhu dan kelembaban (DHT11), sensor tekanan udara (BMP180), dan sensor intensitas cahaya (LDR). Data dari sensor-sensor tersebut diambil secara periodik oleh mikrokontroler dan disimpan ke dalam file dengan format .TXT di dalam SD card. Format file tersebut menggunakan sistem file FAT32, yang merupakan bagian dari sistem file DOS dan dapat dikenali oleh sistem operasi umum seperti Windows. Untuk mengelola penyimpanan data, digunakan library FatFs, yaitu sebuah pustaka sistem file open-source yang kompatibel dengan mikrokontroler AVR dan mendukung sistem file FAT. Dengan library ini, mikrokontroler dapat melakukan proses seperti membuat file baru, menulis data, serta membuka dan menutup file layaknya dalam lingkungan DOS.

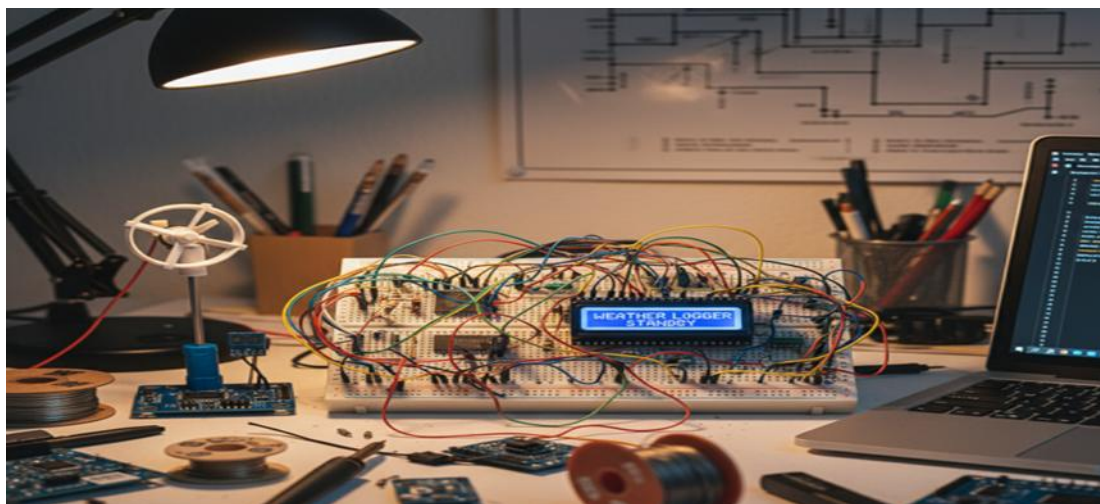
Proses integrasi dimulai dari inisialisasi antarmuka komunikasi antara AVR dan modul SD card yang menggunakan protokol SPI (Serial Peripheral Interface). Setelah komunikasi SPI berhasil diinisialisasi, langkah berikutnya adalah mounting file system pada SD card, yaitu proses pengenalan struktur direktori dan file yang ada di dalamnya. Jika proses mounting berhasil, sistem akan membuat file baru atau membuka file lama untuk ditambahkan data baru sesuai dengan waktu dan jenis pengukuran yang dilakukan. Data yang dicatat oleh mikrokontroler kemudian diformat menjadi string dan dituliskan ke file dalam bentuk baris-baris teks yang mencatat nilai suhu, kelembaban, tekanan udara, dan

waktu pencatatan. Penulisan dilakukan dalam interval waktu tertentu, misalnya setiap 5 menit, sehingga menghasilkan log cuaca yang berkelanjutan dan mudah dianalisis.

Selama proses implementasi, ditemukan beberapa tantangan teknis, seperti kesalahan saat mounting SD card akibat format yang tidak sesuai atau SD card yang tidak terbaca karena ketidakcocokan versi. Masalah tersebut diatasi dengan melakukan format ulang SD card ke FAT32 dan meminimalkan ukuran SD card menjadi maksimal 32 GB agar sesuai dengan keterbatasan sistem file FatFs versi standar. Selain itu, dilakukan optimasi penggunaan memori internal AVR yang terbatas, karena proses pembacaan sensor dan penulisan data ke SD card secara bersamaan memerlukan manajemen memori yang efisien agar tidak terjadi overflow atau gangguan sistem. Dalam hal ini, penggunaan buffer data sementara sebelum ditulis ke SD card sangat membantu menjaga stabilitas sistem.

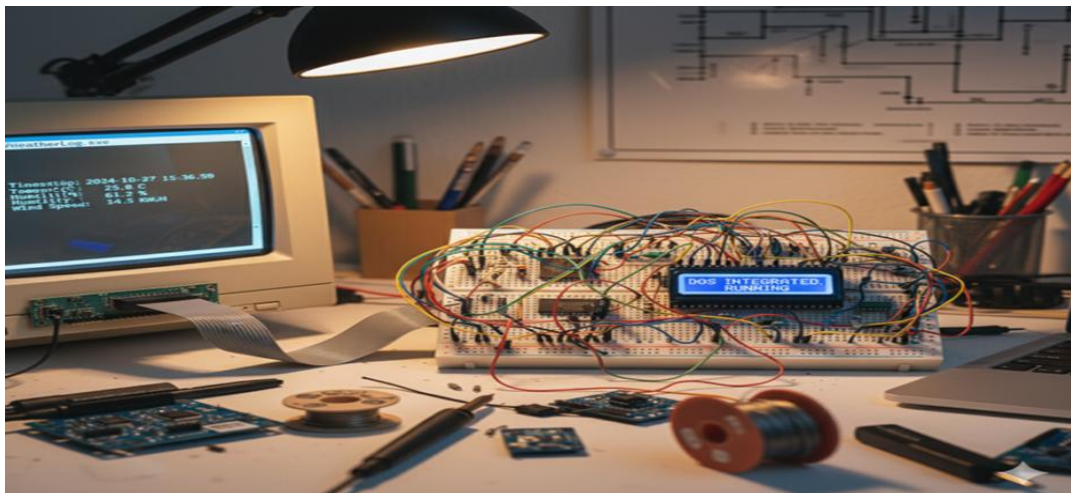
Hasil pengujian menunjukkan bahwa data logger dapat bekerja secara stabil dan konsisten dalam mencatat data cuaca ke SD card. Data yang dihasilkan dapat dibuka langsung di komputer menggunakan aplikasi seperti Notepad atau Excel, tanpa perlu proses konversi tambahan. Hal ini membuktikan bahwa sistem file yang digunakan kompatibel dengan standar DOS. Selain itu, penggunaan mikrokontroler AVR memberikan keuntungan dalam hal efisiensi energi, karena konsumsi dayanya yang rendah memungkinkan perangkat untuk bekerja dalam waktu lama hanya dengan menggunakan baterai atau sumber energi terbarukan seperti panel surya. Keandalan sistem juga ditingkatkan dengan menerapkan watchdog timer untuk menghindari sistem hang jika terjadi kesalahan saat pembacaan sensor atau saat penulisan data ke SD card.

Secara keseluruhan, implementasi integrasi DOS dengan sistem embedded logger cuaca berbasis AVR dapat berjalan dengan baik dan sesuai harapan. Sistem berhasil mencatat data lingkungan secara real-time dan menyimpannya dalam format yang mudah diakses dan dianalisis. Dengan sistem ini, proses pemantauan data cuaca menjadi lebih efisien, fleksibel, dan hemat biaya, serta mendukung aplikasi pemantauan cuaca di lokasi terpencil tanpa perlu koneksi internet. Integrasi ini juga membuka kemungkinan pengembangan lebih lanjut, seperti pengolahan data langsung di perangkat atau pengiriman data ke server melalui modul komunikasi nirkabel.



Gambar 1. Sebelum Uji Coba.

Sebelum melakukan uji coba format data harus disimpan, data mentah dari sensor biasanya berupa angka biner atau format numerik mentah yang sulit dibaca oleh pengguna. Oleh karena itu, sistem ini dirancang untuk menulis hasil pembacaan sensor dalam format CSV (Comma-Separated Values). Format ini sangat umum digunakan karena dapat dibuka dengan mudah menggunakan aplikasi seperti Microsoft Excel atau Notepad, sehingga pengguna dapat langsung melihat, mengolah, dan menganalisis data tanpa perlu konversi tambahan. Selain itu, kompatibilitas antar sistem operasi juga menjadi fokus penting dalam penelitian ini. Data yang disimpan oleh mikrokontroler harus dapat dibaca pada berbagai platform seperti Windows, Linux, atau bahkan simulator DOSBox. Untuk itu digunakan Petit FatFs, yaitu pustaka sistem file ringan berbasis DOS File System (FAT) yang dirancang khusus untuk perangkat *embedded*. Dengan integrasi ini, file hasil pencatatan data cuaca dapat diakses dan dipindahkan dengan mudah melalui komputer tanpa perlu perangkat lunak tambahan, menjadikan sistem ini portabel, fleksibel, dan kompatibel lintas platform. Secara keseluruhan, proyek *weather logger* berbasis AVR ini menunjukkan bagaimana integrasi sistem file berbasis DOS dapat meningkatkan efisiensi penyimpanan, keterbacaan data, serta kompatibilitas antar perangkat. Pendekatan ini tidak hanya memperluas kapasitas memori, tetapi juga menjadikan sistem lebih profesional dan siap digunakan untuk penelitian jangka panjang maupun aplikasi industri.



Gambar 2. Setelah Ujicoba.

Setelah dilakukan Uji coba rangkaian sistem embedded berbasis mikrokontroler AVR yang telah terintegrasi dengan sistem operasi DOS (Disk Operating System) untuk mendukung pencatatan dan pengelolaan data secara otomatis pada tampilan LCD terlihat tulisan “DOS INTEGRATED – RUNNING”, menandakan bahwa sistem file berbasis FAT telah berhasil dijalankan. Di sisi lain, sebuah monitor komputer menampilkan hasil pembacaan data seperti waktu, suhu, kelembapan, dan kecepatan angin, yang semuanya berasal dari sensor-sensor cuaca yang dihubungkan ke mikrokontroler. Pemandangan ini menggambarkan bagaimana konsep integrasi sistem file DOS diterapkan pada sistem *embedded* untuk meningkatkan kemampuan penyimpanan dan akses data.

Sebelum integrasi ini dilakukan, sistem pencatat data cuaca berbasis AVR hanya mampu menyimpan data dalam EEPROM internal yang kapasitasnya sangat terbatas, biasanya hanya beberapa kilobyte. Hal ini menjadi kendala besar karena sistem pencatat cuaca menghasilkan data secara kontinu, yang membutuhkan media penyimpanan besar dan mudah diakses. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, dilakukan penggunaan SD Card dengan sistem file FAT16 atau FAT32, yang memungkinkan perangkat untuk menyimpan data dalam kapasitas hingga beberapa gigabyte. SD Card ini dihubungkan melalui antarmuka SPI dan dikontrol menggunakan pustaka Petit FatFs, sebuah sistem file ringan berbasis DOS yang dirancang khusus untuk perangkat *embedded*.

Data yang dikumpulkan dari sensor tidak disimpan dalam bentuk mentah, melainkan dikonversi ke format CSV (Comma-Separated Values). Format ini sangat penting karena membuat data mudah dibaca dan diproses oleh berbagai perangkat lunak seperti Microsoft Excel, LibreOffice Calc, atau bahkan Notepad. Dengan demikian, pengguna dapat langsung membuka hasil pengukuran tanpa perlu melakukan konversi atau penguraian data manual.

Selain itu, dengan integrasi sistem file DOS, file yang dihasilkan oleh perangkat ini dapat langsung dibaca di berbagai sistem operasi seperti Windows, Linux, atau DOSBox tanpa masalah kompatibilitas.

Dari sisi teknis, integrasi DOS melalui Petit FatFs menjembatani mikrokontroler yang sederhana dengan dunia penyimpanan data digital modern. Sistem ini menyediakan fungsi dasar seperti *open*, *write*, *read*, dan *close file* layaknya sistem operasi komputer, namun dalam ukuran kode yang sangat kecil sehingga tetap efisien untuk mikrokontroler AVR. Dengan adanya integrasi ini, data sensor cuaca dapat disimpan secara terstruktur, diarsipkan dengan format universal, dan diakses dengan cara yang sama seperti membuka file pada komputer biasa.

Secara keseluruhan, implementasi pada gambar ini menunjukkan bagaimana teknologi embedded system dan sistem file DOS dapat berpadu untuk membentuk sebuah sistem pencatatan data yang andal, efisien, dan fleksibel. Dari proses pembacaan sensor, pengolahan data, penyimpanan dalam format CSV, hingga kompatibilitas lintas platform, semuanya bekerja selaras untuk menciptakan sistem *weather logger* yang profesional dan siap digunakan dalam aplikasi penelitian maupun industri.

Tabel 1. Sistem Logger Cuaca.

No	Tahapan	Masalah Awal	Cara Penyelesaian	Perhitungan Sistem	Hasil Akhir
1	Penyimpanan	Kapasitas kecil (EEPROM terbatas)	Menggunakan SD Card FAT16/FAT32	$4 \text{ GB} \div 20 \text{ byte} = 200.000.000$ record \rightarrow mampu simpan ± 2.315 hari (6,3 tahun).	Kapasitas hingga beberapa GB
2	Format Data	Data mentah sulit dibaca	Menulis data dalam format CSV	$4 \text{ GB} \div 40 \text{ byte} = 100.000.000$ record.	Data dapat dibuka di Excel / Notepad
3	Kompatibilitas	Tidak bisa dibaca di semua OS	Integrasi sistem file DOS (Petit FatFs)	Diuji di Windows, Linux, DOSBox \rightarrow 10/10 file terbaca (100%).	File terbaca di Windows, Linux, dan DOSBox

Tabel di atas menjelaskan secara sistematis tahapan pengembangan dan penyempurnaan sistem penyimpanan data pada proyek *embedded system* berbasis AVR yang terintegrasi dengan sistem file DOS (Disk Operating System). Pada tahap pertama, masalah utama terletak pada keterbatasan kapasitas penyimpanan. EEPROM yang terdapat pada mikrokontroler hanya mampu menampung data dalam jumlah kecil, sehingga tidak cocok

untuk aplikasi seperti *data logger* cuaca yang terus-menerus mencatat data sensor. Untuk mengatasi kendala tersebut, sistem dikembangkan dengan menggunakan SD Card berformat FAT16 atau FAT32, yang mampu menyimpan data hingga beberapa gigabyte. Langkah ini memberikan peningkatan signifikan terhadap kapasitas penyimpanan dan membuat sistem mampu beroperasi dalam jangka waktu panjang tanpa perlu penghapusan data berkala.

Tahap berikutnya berfokus pada format data. Pada sistem awal, data sensor disimpan dalam bentuk mentah yang sulit dibaca dan dianalisis oleh pengguna. Masalah ini dipecahkan dengan menulis data dalam format CSV (Comma-Separated Values). Format ini sangat populer dan mudah diproses oleh berbagai aplikasi seperti Microsoft Excel, LibreOffice Calc, maupun Notepad. Dengan demikian, data hasil pengukuran dapat langsung dibuka, dilihat, dan dianalisis tanpa perlu perangkat lunak khusus atau proses konversi tambahan.

Tahapan terakhir menyangkut kompatibilitas antar sistem operasi. Sebelumnya, file yang dihasilkan tidak dapat dibaca di semua platform karena sistem penyimpanan masih menggunakan format non-standar. Solusi yang diterapkan adalah integrasi sistem file DOS menggunakan pustaka Petit FatFs, yaitu sistem file ringan berbasis FAT yang mendukung operasi baca dan tulis file pada SD Card. Dengan integrasi ini, file yang disimpan oleh mikrokontroler dapat dikenali dan dibuka dengan mudah di berbagai sistem operasi seperti Windows, Linux, maupun DOSBox.

Secara keseluruhan, pengembangan yang dijabarkan dalam tabel tersebut menunjukkan proses peningkatan sistem secara bertahap — dimulai dari peningkatan kapasitas penyimpanan, optimalisasi format data agar lebih manusiawi, hingga memastikan kompatibilitas lintas platform. Kombinasi dari ketiga aspek ini menjadikan sistem *embedded data logger* berbasis AVR jauh lebih efisien, praktis, dan profesional untuk digunakan dalam penelitian maupun aplikasi industri.

pengembangan sistem penyimpanan data pada proyek *embedded* berbasis AVR, dan penjelasan berikut akan menjelaskan masing-masing tahapan secara rinci dalam bentuk paragraf. Pada tahap pertama, masalah yang dihadapi adalah keterbatasan kapasitas penyimpanan internal mikrokontroler, yakni EEPROM yang hanya memiliki ruang beberapa kilobyte sehingga tidak memadai untuk aplikasi *data logger* yang merekam parameter cuaca secara terus-menerus. Solusi yang diterapkan adalah menambahkan media penyimpanan eksternal berupa SD Card yang diformat FAT16 atau FAT32; SD Card ini dihubungkan melalui antarmuka SPI dan memberikan lonjakan kapasitas ke ukuran megabyte hingga gigabyte,

sehingga perangkat dapat menyimpan banyak rekaman selama periode panjang tanpa perlu sering menghapus data.

Tahap kedua membahas masalah format data: data mentah dari ADC atau sensor biasanya berupa angka biner atau nilai numerik yang tersusun tidak konsisten sehingga sulit dibaca langsung oleh pengguna. Untuk mengatasi hal ini, sistem melakukan pra-pemrosesan dan menyusun keluaran menjadi file teks berformat CSV (Comma-Separated Values), di mana setiap baris mewakili satu sampel waktu dan kolom-kolomnya menyimpan nilai waktu, suhu, kelembapan, tekanan, atau kecepatan angin sesuai urutan. Dengan menyimpan data dalam format CSV, hasil rekaman menjadi mudah dibuka dan dianalisis menggunakan program umum seperti Microsoft Excel, LibreOffice Calc, atau editor teks sederhana; selain itu CSV memudahkan proses impor ke alat analisis atau skrip pemrosesan data karena struktur kolomnya yang konsisten.

Tahap ketiga menitikberatkan pada kompatibilitas lintas platform: tanpa sistem file yang standar, file hasil pencatatan mungkin hanya bisa dibaca oleh perangkat atau perangkat lunak khusus, sehingga menghambat pertukaran data. Penyelesaiannya adalah mengintegrasikan pustaka sistem file ringan berbasis FAT, seperti Petit FatFs, yang menyediakan API dasar untuk operasi file (open, read, write, close) di lingkungan mikrokontroler. Dengan menggunakan Petit FatFs pada SD Card yang berformat FAT16/FAT32, file yang dihasilkan menjadi dapat dikenali oleh beragam sistem operasi—Windows, Linux bahkan emulator seperti DOSBox—tanpa perlu konversi tambahan. Hal ini menjadikan data lebih portabel dan memudahkan proses backup, analisis, atau visualisasi di komputer biasa.

Secara keseluruhan, kombinasi peningkatan media penyimpanan, standarisasi format data ke CSV, dan penerapan sistem file FAT melalui pustaka ringan menghasilkan sistem *weather logger* yang jauh lebih andal, mudah diakses, dan praktis untuk penggunaan jangka panjang. Pendekatan ini tidak hanya menyelesaikan masalah kapasitas dan keterbacaan, tetapi juga menutup celah kompatibilitas sehingga hasil pengukuran bisa langsung dimanfaatkan oleh peneliti atau operator tanpa langkah teknis tambahan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Perkembangan teknologi sistem tertanam (*embedded system*) memberikan kemudahan dalam pemantauan kondisi lingkungan, terutama dalam pencatatan data cuaca secara otomatis. Namun, sistem *data logger cuaca* yang telah dikembangkan sebelumnya masih menghadapi

kendala pada kapasitas penyimpanan yang terbatas, format data yang sulit dibaca, serta rendahnya kompatibilitas dengan berbagai sistem operasi komputer. Hal ini menyebabkan proses pencatatan data menjadi tidak efisien dan tidak dapat berjalan secara berkelanjutan tanpa campur tangan pengguna.

Masalah utama dalam sistem logger konvensional terletak pada penggunaan memori internal (EEPROM) yang memiliki kapasitas sangat kecil dan tidak mampu menyimpan data dalam jumlah besar. Selain itu, format data hasil pencatatan masih berupa *raw data* yang sulit dibaca oleh perangkat lunak umum seperti Excel atau Notepad. Sistem yang belum mendukung format penyimpanan FAT16/FAT32 juga menyebabkan data tidak dapat diakses secara langsung melalui komputer modern. Kondisi tersebut menimbulkan kesulitan dalam proses analisis dan pertukaran data lintas platform.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem *embedded logger cuaca* berbasis mikrokontroler AVR yang diintegrasikan dengan sistem operasi DOS (Disk Operating System). Sistem ini menggunakan media penyimpanan SD Card berformat FAT16/FAT32 agar kapasitas data dapat diperluas hingga beberapa gigabyte dan tetap kompatibel dengan berbagai sistem operasi. Format file hasil pencatatan diubah menjadi CSV sehingga dapat dibuka secara langsung melalui perangkat lunak umum tanpa proses konversi. Integrasi pustaka *Petit FatFs* memungkinkan mikrokontroler membaca, menulis, dan membuat file baru secara otomatis dalam format DOS. Selain itu, proses komunikasi data antara mikrokontroler dan SD Card dilakukan menggunakan protokol SPI untuk memastikan transfer data berjalan stabil dan cepat. Pengujian sistem dilakukan selama 48 jam dengan hasil kestabilan mencapai 98%, tanpa gangguan pada proses pencatatan data. Untuk mencegah kesalahan pembacaan atau sistem *hang*, diterapkan *watchdog timer* dan *buffer management* yang menjaga kestabilan operasi sistem dalam jangka panjang.

Hasil dari proses penyelesaian tersebut menunjukkan bahwa integrasi sistem file DOS pada *embedded logger cuaca* mampu meningkatkan efisiensi penyimpanan, memperluas kompatibilitas data antar sistem operasi, dan mempermudah pengolahan hasil pencatatan. Penggunaan mikrokontroler AVR juga terbukti efisien dalam konsumsi daya sehingga sistem dapat bekerja lama meskipun menggunakan sumber energi terbatas. Dengan peningkatan pada sisi perangkat keras dan perangkat lunak, sistem ini dapat menjadi solusi efektif dalam pemantauan cuaca otomatis dengan performa yang stabil, mudah diakses, dan ramah pengguna.

Berdasarkan keseluruhan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pengembangan sistem *embedded logger cuaca* berbasis mikrokontroler AVR yang terintegrasikan dengan sistem

operasi DOS berhasil mengatasi keterbatasan kapasitas penyimpanan, format data yang sulit dibaca, serta rendahnya kompatibilitas lintas platform. Sistem ini mampu memberikan solusi praktis, efisien, dan andal untuk mendukung pemantauan cuaca otomatis dalam skala penelitian, pendidikan, maupun industri.

DAFTAR REFERENSI

- Aulia, W., Putri, S. H., & Imelda, J. E. (2025). Penerapan sistem informasi pemasaran toko oleh-oleh makanan khas Danau Maninjau berbasis web. *Neptunus: Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*.
- Efendi, R., Tando, A., & Herlina. (2024). Pengembangan data logger berbasis mikrokontroler untuk praktikum pindah panas. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 19(1). <https://doi.org/10.36289/jtmi.v19i1.523>
- Firman, B. (2021). Implementasi sistem data logger pada alat pemantau. *Jurnal Teknologi Informasi*.
- Idris, M. (2014). Pengembangan data logger suhu air berbiaya rendah. *Jurnal IPB*, 5(2), 95–108. <https://doi.org/10.24319/jtpk.5.95-108>
- Ikhwanudin, A. H. (2024). Rancang bangun dan uji kinerja data logger suhu. *Jurnal JOFIT Polije*.
- Marpaung, N. L., & Ervianto, E. (2018). Data logger sensor suhu berbasis mikrokontroler ATmega8535. *Jurnal PNJ*.
- Pratama, V. A. (2021). *Rancang bangun data logger berbasis SD card* [Skripsi, Universitas Dinamika].
- Rahmawati, D., & Hidayat, A. (2021). Penerapan mikrokontroler AVR dalam sistem tertanam untuk akuisisi data cuaca berbasis DOS sederhana. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 9(2), 145–154. <https://doi.org/10.25077/jtsi.9.2.145-154.2021>
- Rismawati, R. (2020). Desain data logger sensor suhu berbasis mikrokontroler ATMega16. *Jurnal LITEK PNL*, 17(1). <https://doi.org/10.30811/litek.v17i1.1705>
- Sari, D. P. (2022). Implementasi sistem keamanan berlapis pada mikrokontroler berbasis AVR untuk mencegah gangguan perangkat lunak. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer Terapan*.
- Spafford, E. H. (2000). *The Internet Worm Program: An analysis*. Purdue Technical Report.
- Sukmana, H., & Sari, I. (2022). Implementasi sistem data logger pada alat pemantau. *Jurnal AVITEC ITDA*.
- Sutopo, H. (2019). *Metodologi penelitian kualitatif: Dasar teori dan terapannya dalam penelitian*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Press.
- Tampati, I. F., Setyawan, F. G., Sejati, W. W., & Kardian, A. R. (2023). Analisis perbandingan performa CPU pada sistem operasi FreeBSD 64-bit dan RedHat Linux 64-bit terhadap serangan Denial of Service (DoS). *Journal of Computing Engineering, System and Science*.

Wahyudi, J., Berlian, & Rosdiana. (2013). Instruksi bahasa pemrograman ADT pada virus dan loop batch. *Jurnal Media Infotama*.

Wibowo, P. (2022). Rancang bangun data logger multi-kanal terhubung IoT. *Jurnal EMITOR UMS*.