

Data Logger Suhu dan Kelembaban Relatif Udara dengan Timestamp berbasis Network Time Protocol (NTP)

Yuliadi Erdani¹, Muhammad Ramdani²

^{1,2}Politeknik Manufaktur Bandung

e-mail: yul_erdani@yahoo.com, 223441902@mhs.polman-bandung.ac.id

Abstrak - Dalam kebutuhan mensurvei kesesuaian suatu ruangan yang akan digunakan sebagai tempat penyimpanan suku cadang berbasis elektronik selain pertimbangan luas ruangan diperlukan mengetahui kondisi lingkungan awal ruangan terutama suhu dan kelembaban. Kesesuaian kondisi lingkungan suatu ruangan menjadi sangat krusial untuk menentukan proses rekayasa lanjutan akan kebutuhan perangkat HVAC. Apabila kondisi rekayasa lingkungan suatu ruangan suku cadang telah sesuai maka dapat terhindar penurunan kehandalan dan performa bahkan kerusakan pada suku cadang berbasis elektronik yang masuk dalam kategori aset bernilai tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan memvalidasi sistem pencatat data suhu dan kelembaban relatif yang dilengkapi dengan *timestamp* menggunakan protokol waktu jaringan (*Network Time Protocol/NTP*). Sistem yang dikembangkan memungkinkan pengukuran suhu dan kelembaban relatif secara berkala dengan akurasi tinggi dan penyimpanan data berdasarkan waktu pengambilan data tersebut. Sensor suhu dan kelembaban relatif DHT-22 yang dipilih diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP-32 yang terhubung ke jaringan nirkable lokal (*WiFi*). Penggunaan *NTP* memastikan sinkronisasi waktu yang akurat dengan server waktu global, yang utamanya untuk memastikan keakuratan *timestamp* pada setiap data hasil pengukuran yang direkam ke module *micro-SD* yang terhubung dengan mikrokontroler dengan interval pencatatan data setiap 5 menit. Pengujian sistem dilakukan untuk memvalidasi konsistensi hasil *timestamp* dan pencatat data pada pengukuran suhu dan kelembaban relatif. Dari hasil penelitian, sistem berhasil melakukan rekam data beserta waktu pada saat pengambilan data (*timestamping data*) dengan rata-rata interval pencatatan data ≈ 5 menit dalam durasi 176 jam 18 menit 21 detik. Hasil uji coba juga menunjukkan error durasi interval pengambilan data suhu dan kelembaban udara sebesar -0.0156%, dengan durasi tercepat interval rekam data 4.9 menit dan durasi terlama interval rekam data 6.97 menit. Dengan metode manajemen daya *deep-sleep* yang dimiliki mikrokontroler ESP-32, penurunan tegangan baterai dari 8.2 Vdc menjadi 7.08 Vdc atau sebesar 1.32 Vdc selama durasi tersebut.

Kata Kunci: *data logger, timestamp, network time protocol (NTP)*

Abstract - To survey the suitability of a room that will be used as a storage place for electronic-based spare parts, apart from considering the size of the room, it is necessary to know the initial environmental conditions of the room, especially temperature and humidity. The suitability of a room's environmental conditions is crucial in determining the further engineering process for the need for HVAC equipment. Suppose the environmental engineering conditions of a spare parts room are appropriate, a decrease in reliability and performance and even damage to electronic-based spare parts which are included in the high-value asset category can be avoided. This research aims to develop and validate a temperature and relative humidity data recording system with timestamps using a network time protocol (NTP). The system developed allows periodic temperature and relative humidity measurements with high accuracy and data storage based on the time the data was taken. The selected DHT-22 temperature and relative humidity sensors are integrated with an ESP-32 microcontroller connected to a wireless local network. The use of NTP ensures accurate time synchronization with the global time server, which is mainly to ensure the accuracy of the timestamp for each measurement data recorded to the micro-SD module connected to the microcontroller with a data recording interval of every 5 minutes. System testing was carried out to validate the consistency of timestamps and data logger results on temperature and relative humidity measurements. From the research results, the system succeeded in recording data along with the time when data was collected (*timestamping data*) with an average data recording interval of ≈ 5 minutes with a duration of 176 hours 18 minutes, and 21 seconds. The test results also showed that the error in the temperature and humidity data collection interval was -0.0156%, with the fastest duration of the data recording interval being 4.9 minutes and the longest duration of the data recording interval being 6.97 minutes. With the *deep-sleep* power management method of the ESP-32 microcontroller, the battery voltage decreases from 8.2 Vdc to 7.08 Vdc or 1.32 Vdc for that duration.

Keywords: *data logger, timestamp, network time protocol (NTP)*

PENDAHULUAN

Pemantauan suhu dan kelembaban relatif merupakan aspek penting dalam berbagai aplikasi, mulai dari lingkungan industri hingga laboratorium penelitian. Pemahaman yang akurat tentang variabilitas suhu dan kelembaban relatif sangat penting dalam memastikan kondisi lingkungan yang optimal untuk proses tertentu atau untuk menjaga kualitas produk. Dalam konteks ini, sistem pencatat data (*data logger*) menjadi solusi yang umum digunakan untuk memantau dan merekam parameter-parameter tersebut secara terus-menerus.

Penggunaan timestamp dalam pencatatan data menjadi krusial dalam menjaga keakuratan dan keterkaitan antar data yang direkam. Timestamp yang akurat memungkinkan untuk analisis yang tepat waktu dan memfasilitasi pemahaman yang lebih baik terhadap tren dan pola dalam dataset. Namun, tantangan sering muncul dalam memastikan keakuratan timestamp, terutama dalam lingkungan di mana sinkronisasi waktu yang tepat diperlukan.

Dalam upaya untuk mengatasi tantangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pencatat data suhu dan kelembaban relatif yang dilengkapi dengan timestamp berbasis Network Time Protocol (NTP). NTP merupakan protokol yang umum digunakan untuk sinkronisasi waktu antar komputer dalam jaringan, yang dapat memberikan waktu yang akurat dengan menggunakan server waktu global.

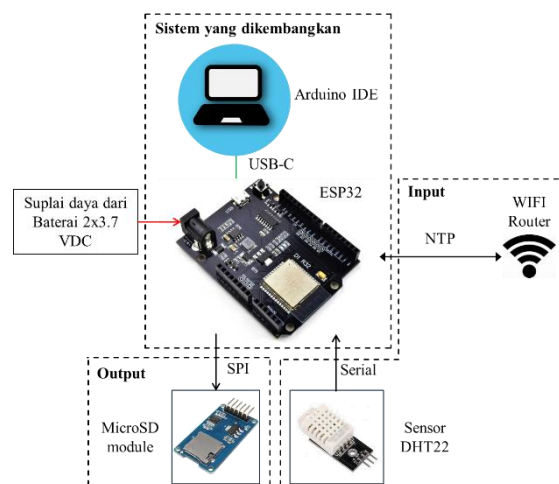
Melalui pengembangan sistem ini, diharapkan dapat memberikan solusi yang dapat berkontribusi dalam peningkatan kualitas data dalam merancang pencatat suhu dan kelembaban udara untuk berbagai aplikasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pencatat data (*data logger*) suhu dan kelembaban relatif udara dengan timestamp berbasis Network Time Protocol (NTP), menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor suhu dan kelembaban relatif udara DHT22. Metodologi penelitian yang diusulkan terdiri dari beberapa tahap yang terperinci sebagai berikut:

1. Persiapan perangkat keras

Perangkat keras yang disiapkan dalam perancangan sistem antara lain mikrokontroler ESP32 R1 Board D32, sensor suhu dan kelembaban DHT22 dan modul *micro sd* termasuk kartu *micro sd* berkapasitas 8Gb sesuai dengan gambar 1



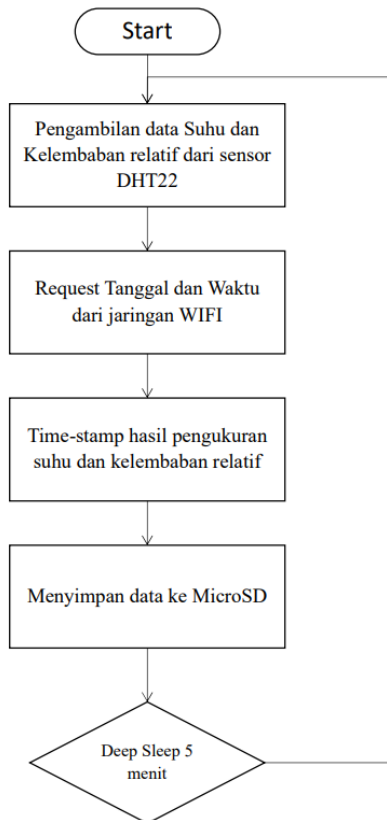
Gambar 1. Diagram blok perancangan sistem

Catudaya dari sistem menggunakan 2 baterai jenis lithium-ion yang dipasang secara seri dengan masing-masing kapasitas 3100 mA dan tegangan 3.7 Vdc. Pada kondisi baterai dengan kapasitas terisi penuh maka tegangan baterai 4.2 Vdc. Sensor DHT22 memiliki rentang pengukuran suhu antara -40°C sampai dengan 80°C dengan akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (Medagedara, O. V., & Liyanage, M. H., 2024). Dan pengukuran kelembaban udara antara 0 sampai dengan 100%. kelembaban udara $\pm 2\%$. Kemudian infrastruktur yang diperlukan adalah titik akses jaringan Wi-Fi, mikrokontroler akan terhubung dengan jaringan tersebut sebagai *client* untuk mendapatkan informasi waktu dan tanggal dari NTP Server. NTP adalah protokol yang digunakan untuk mensinkronkan waktu antar perangkat komputer pada jaringan lokal maupun internet.

2. Pengembangan perangkat lunak

Pengembangan perangkat lunak dimulai dengan menentukan diagram alir seperti yang terlihat pada gambar 2. Kemudian diagram alir diterjemahkan ke dalam kode program menggunakan pemrograman Arduino IDE. Protokol NTP diimplementasikan untuk mendapatkan waktu yang akurat dari server waktu global (UTC+7) melalui jaringan WIFI yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32, kemudian mikrokontroler melakukan pengambilan data suhu dan kelembaban relatif dari sensor DHT22. Data suhu dan kelembaban udara di time-stamping dari waktu yang didapat dari protocol NTP. Dan hasil pengukuran suhu, kelembaban relatif yang telah di-timestamp disimpan ke kartu microSD. Mikrocontroller akan masuk ke mode deep sleep selama 5 menit dan akan melakukan sampling data dan time-stamping kembali. Deep-sleep mode merupakan teknologi manajemen daya yang dimiliki oleh ESP32. Dalam mode deep sleep, CPU, sebagian besar RAM, dan semua perifer digital dimatikan. Satu-satunya bagian dari chip yang tetap beroperasi

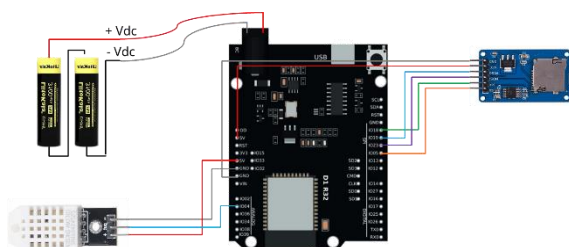
adalah: Koprosesor ULP, Pengontrol RTC, Periferal RTC, RTC memori cepat dan lambat Chip mengkonsumsi sekitar 0,15 mA (jika koprosesor ULP aktif) hingga 10 μ A (Prabowo, Y., Broto, S., Wirawan Wisnuadji, T., & Budi Luhur, U. (n.d.)).



Gambar 2. Diagram alir perangkat lunak sistem

3. Integrasi

Mengintegrasikan antara perangkat keras dan perangkat lunak dilakukan dengan cermat. Sensor DHT22 dihubungkan ke pin GPIO 4 pada mikrokontroler ESP32 sehingga informasi hasil pengukuran suhu dan kelembaban udara akan dikirim melalui data serial. Modul micro sd merupakan modul yang digunakan mikrokontroler untuk bisa mengakses pembacaan dan penulisan kartu memori micro sd melalui sistem antar muka SPI (*Serial Parallel Interface*). Dan integrasi antara ketiganya dipastikan berjalan dengan baik untuk memastikan pengambilan dan perekaman data sesuai interval yang telah ditentukan secara konsisten.



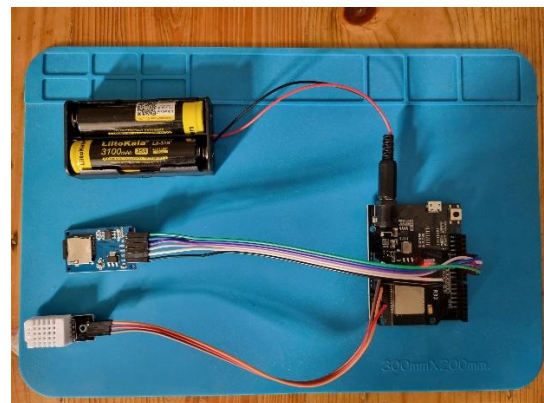
Gambar 3. Perancangan integrasi sistem

4. Uji coba dan validasi sistem

Dilakukan uji coba dan validasi sistem. Sistem diuji untuk memastikan dapat mengambil dan menyimpan data suhu dan kelembaban relatif dengan timestamp (UTC+7) dengan interval waktu 5 menit secara konsisten. Pada uji coba ini juga akan dikalkulasi konsumsi daya selama rentang waktu pengujian sistem berdasarkan dari penurunan tegangan total dari kedua baterai.

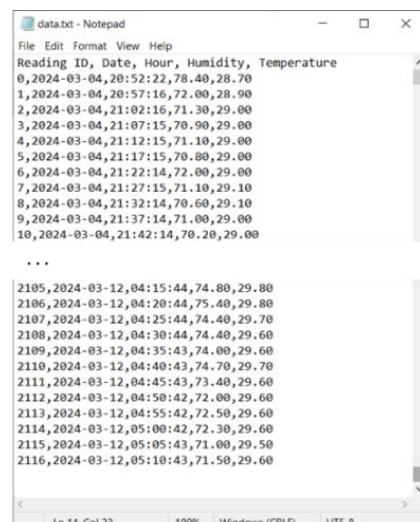
HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototype sistem data logging suhu dan kelembaban udara dilakukan pengujian dengan durasi waktu berdasarkan data yang telah tersimpan pada microSD yaitu selama 176 jam, 18 menit dan 21 detik dan selama pengujian sistem ditempatkan di dalam ruangan berukuran $\pm 30m^2$ dengan variasi pengoperasian pendingin udara.



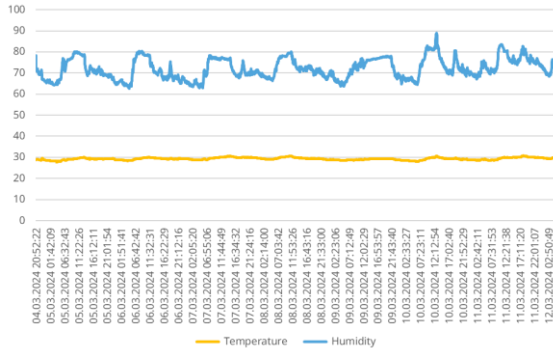
Gambar 4. Prototype data logger

Rekam data pada microSD berupa file dengan extension “.txt” dan nama file “data”, ukuran file sebesar 77.5 KB, dan 2117 adalah jumlah data suhu dan kelembaban yang telah terekam (data pertama dimulai dari angka ‘0’) seperti terlihat pada gambar 5.



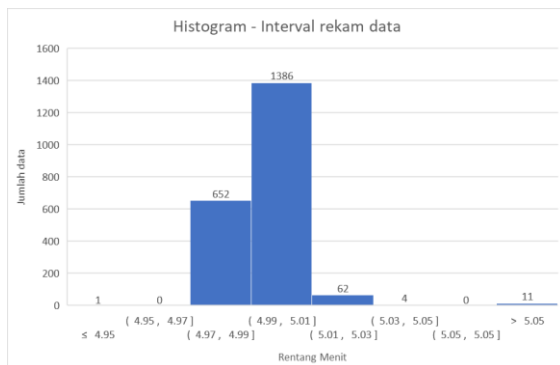
Gambar 5. File hasil rekam pengukuran suhu dan kelembaban

Selama periode pengujian, rata-rata suhu dan kelembaban udara yang terukur adalah 29.3°C dan 72.1%.



Gambar 6. Grafik hasil pengukuran suhu dan kelembaban udara dengan interval 5 menit

Rekam data diatur berdasarkan reading ID, tanggal (yyyy-mm-dd), waktu (hh:mm:ss), hasil pengukuran kelembaban (%), dan suhu (°C). Hasil pengujian menunjukkan bahwasannya nilai rata-rata interval rekam data yaitu ≈ 5 menit. Adapun interval rekam data terpendek yaitu pada angka 4.9 menit (mm:ss = 4:54) dan interval rekam data terlama pada angka 6.97 menit (mm:ss = 6:58).



Gambar 6. Kurva histogram interval rekam data

Jika 2117 data sampling dengan interval 5 menit maka dibutuhkan waktu secara teoritikal selama 10580 menit atau 176 jam 20 menit. Hasil pengujian menunjukkan durasi waktu pengambilan data sebanyak 2117 adalah 10578.35 menit atau 176 jam 18 menit 21 detik. Maka nilai error dalam pengambilan sampling secara interval adalah

$$Error(\%) = \frac{Total\ durasi\ uji - Total\ durasi\ teori}{Total\ durasi\ Teori} \dots(1)$$

$$Error(\%) = \frac{10578.35 - 10580}{10580} = -0.0156\%$$

$$Error(\%) = -0.0156\%$$

Selama pengujian sistem selama 176 jam 18 menit 21 detik, tegangan baterai turun dari 8.2 Vdc menjadi 7.08 Vdc atau penurunan sebesar 1.32 Vdc.



Gambar 7. Pengukuran tegangan baterai sebelum dan setelah pengujian sistem

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem data logger berhasil melakukan pengukuran suhu dan kelembaban udara yang ter-time stamping sebanyak 2117 data dalam kurun waktu 176 jam 18 menit 21 detik. Dengan pengaturan interval per 5 menit dalam pengambilan data, hasil uji coba menunjukkan error durasi interval pengambilan data suhu dan kelembaban udara sebesar -0.0156%, nilai rata-rata durasi interval rekam data ≈ 5 menit dan durasi tercepat interval rekam data 4.9 menit dan durasi terlama interval rekam data 6.97 menit.

Disetiap jeda interval mikrokontroler akan memasuki mode deep-sleep, tentunya fitur manajemen daya ESP32 ini akan mengoptimalkan konsumsi daya dari sistem yang dirancang. Dari hasil uji tegangan baterai yang terukur turun sebesar 1.32 volt selama dalam kurun waktu 176 jam 18 menit 21 detik.

REFERENSI

- Abbas, I. Al. (2019). International Journal of Computer Science and Mobile Computing ESP32 Based Data Logger. In *International Journal of Computer Science and Mobile Computing* (Vol. 8, Issue 5, pp. 259–267). www.ijcsmc.com
- Babalola, T. E., Babalola, A. D., & Olokun, M. S. (2022). Development of an ESP-32 Microcontroller Based Weather Reporting Device. *Journal of Engineering Research and Reports*, 27–38. <https://doi.org/10.9734/jerr/2022/v22i1117577>
- Desnanjaya, I. G. M. N., Ariana, A. A. G. B., Nugraha, I. M. A., Wiguna, I. K. A. G., & Sumaharja, I. M. U. (2022). Room Monitoring Uses ESP-12E Based DHT22 and BH1750 Sensors. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 3(2), 205–211. <https://doi.org/10.18196/jrc.v3i2.11023>
- He, W., & Iqbal, M. T. (2023). Power Consumption Minimization of a Low-Cost IoT Data Logger for Photovoltaic System. *Journal of Electronics and Electrical Engineering*. <https://doi.org/10.37256/jeece.2220233795>

- Mahmood, R. Z. (n.d.). *High Accurate Automatic School Bell Controller Based On ESP-32 Wi-Fi*. www.techniumscience.com
- Maulana, R. F., Ramadhan, M. A., Maharani, W., & Maulana, M. I. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Berbasis IOT Studi Kasus Ruang Server ITTelkom Surabaya. *Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology*, 1(3), 224–231. <https://doi.org/10.31004/ijmst.v1i3.169>
- Medagedara, O. V., & Liyanage, M. H. (2024). Development of an IoT-based Real-Time Temperature and Humidity Monitoring System for Factory Electrical Panel Rooms. *Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka*, 57(1), 21–30. <https://doi.org/10.4038/engineer.v57i1.7636>
- Megantoro, P., Prastio, R. P., Kusuma, H. F. A., Abror, A., Vigneshwaran, P., Priambodo, D. F., & Alif, D. S. (2022). Instrumentation system for data acquisition and monitoring of hydroponic farming using ESP32 via Google Firebase. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 27(1), 52–61. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v27.i1.pp52-61>
- Prabowo, Y., Broto, S., Wisnuadji, T. W., & Luhur, U. B. (n.d.). *Analisa Power Mode ESP32 Untuk Catu Daya Pada Sistem Berbasis IoT*.
- Pratikto, Arman, M., Falahuddin, M. A., Pratama, R. A., Fitriani, R. Z., & Kuan, Y. Der. (2023). Temperature Data Acquisition System for Showcase Refrigerator Based on ESP32 and Online Remote Display. *Sensors and Materials*, 35(11), 3687–3696. <https://doi.org/10.18494/SAM4691>
- Rakotoarivelo, T., Ramahatana, F., Menard, S., Murad, N. M., Boyer, H., & Malet-Damour, B. (n.d.). *Design of a low-cost wireless data logger for monitoring the occupant's thermal perception*.