Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data berbasis Raspberry Pi untuk Mesin Tata Udara Domestik

Salsa Hallimatussyadiah[1], Andriyanto Setyawan[2], Ade Suryatman Margana[3], Utami Nuri Adilah[4]

[1]*Jurusan Teknik Rerfrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*
E-mail : salsa.hallimatussyadiah.tptu421@polban.ac.id
Email : andriyanto@polban.ac.id
Email : adesmargana@polban.ac.id
Email : utaminuri@polban.ac.id

ABSTRAK

Rancang bangun sistem akuisisi data berbasis Raspberry Pi untuk mesin tata udara domestik bertujuan untuk otomatisasi proses pengambilan data temperatur dan pemantauan sensor secara *real-time*. Permasalahan yang melatarbelakangi pengembangan sistem ini adalah keterbatasan jumlah *port* sensor pada perangkat umum di pasaran serta potensi bias manusia dalam pengambilan data manual yang dapat mengurangi akurasi hasil analisis. Sistem ini menggunakan Raspberry Pi sebagai mikrokontroler yang terhubung dengan sensor temperatur digital DS18B20, dikonfigurasi secara *multichannel* untuk mengukur beberapa titik pengukuran yang terintegrasi dengan antarmuka web. Hasil pengukuran temperatur disimpan dalam format CSV dan ditampilkan dalam bentuk grafik melalui antarmuka tersebut. Berdasarkan uji akurasi terhadap alat referensi (PicoLog), sensor-sensor yang diuji menunjukkan nilai *mean absolute percentage error* (MAPE) kurang dari 5%, serta hubungan linier yang sangat kuat ($R^2 >$ 0,90) terhadap pembacaan referensi. Ini menunjukkan bahwa sensor cukup andal untuk digunakan dalam sistem pemantauan suhu. Sistem ini dirancang agar fleksibel dan dapat diperluas untuk mendukung integrasi sensor tambahan maupun pengolahan data lebih kompleks di masa mendatang. Secara keseluruhan, sistem ini diharapkan menjadi solusi praktis dan terjangkau dalam proses pengambilan data suhu pada mesin tata udara domestik.

Kata Kunci
Raspberry pi, DS18B20, Mesin tata udara domestik, CSV.

The design and development of a data acquisition system based on Raspberry Pi for domestic air conditioning machines aims to automate the process of temperature data collection and real-time sensor monitoring. This system addresses common issues such as the limited number of sensor ports on commercial devices and potential human bias in manual data collection, which can reduce analysis accuracy. The system uses a Raspberry Pi as the microcontroller connected to digital temperature sensors (DS18B20), configured in a multichannel setup to measure several points simultaneously and integrated with a web-based interface. Temperature readings are stored in CSV format and visualized in graphical form through the interface. Based on accuracy tests against a reference instrument (PicoLog), the tested sensors showed a mean absolute percentage error (MAPE) of less than 5% and a very strong linear correlation ($R^2 > 0.90$) with the reference readings. This indicates that the sensors are reliable for use in temperature monitoring systems. The system is designed to be flexible and expandable to support the integration of additional sensors or more complex data processing in the future. Overall, this data acquisition system is expected to provide a practical and affordable solution for temperature data collection in domestic air conditioning machines.

Keywords
Raspberry Pi*, DS18B20, Domestic air conditioning unit, CSV.*

1. PENDAHULUAN

Di tengah meningkatnya kebutuhan energi dunia, sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC) menjadi salah satu fokus utama karena merupakan penyumbang konsumsi energi terbesar pada bangunan. Salah satu bentuk implementasi HVAC di lingkungan domestik adalah mesin tata udara, yang berperan penting dalam menjaga kenyamanan termal.

Meskipun penggunaannya umum, mesin tata udara domestik biasanya jarang dilengkapi dengan sistem pemantauan performa yang andal. Padahal, untuk memahami bagaimana sistem ini bekerja dan merespons kondisi lingkungan, diperlukan sistem akuisisi data yang mampu merekam parameter seperti suhu di beberapa titik secara *real-time.* Analisis manual terhadap performa mesin sering kali menimbulkan bias atau kesalahan akibat keterbatasan manusia dalam pencatatan data. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem akuisisi data yang mampu merekam informasi dari berbagai titik secara otomatis dan berkelanjutan, guna mendukung pemahaman yang lebih baik terhadap karakteristik kerja mesin tata udara tersebut.

Pada praktiknya, sistem akuisisi data suhu yang tersedia di pasaran umumnya memiliki keterbatasan dalam jumlah *port* sensor yang disediakan, yakni hanya mampu menangani 8 hingga 12 titik pengukuran. Padahal, dalam studi atau simulasi sistem HVAC tertentu, diperlukan pengukuran suhu pada lebih dari 12 titik secara simultan untuk mendapatkan gambaran termal yang menyeluruh. Selain keterbatasan jumlah *input*, harga perangkat akuisisi data *multichannel* yang tersedia secara komersial juga relatif mahal, serta

kurang fleksibel untuk disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

Seiring berkembangnya teknologi mikrokontroler muncul peluang untuk merancang sistem akuisisi data suhu yang lebih ekonomis dan dapat dikustomisasi. Raspberry Pi, sebagai komputer mini yang berdaya rendah namun bertenaga, menawarkan solusi yang menjanjikan dalam pengembangan sistem monitoring suhu *multichannel*. Dengan kemampuan pemrosesan data, konektivitas, dan kompatibilitas terhadap berbagai sensor digital seperti DS18B20, Raspberry Pi dapat diintegrasikan ke dalam sistem berbasis web untuk visualisasi data secara *real-time*, pencatatan otomatis, dan akses jarak jauh. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam pengumpulan data, tetapi juga membuka kemungkinan analisis performa secara lebih komprehensif dan berbasis data.

Berdasarkan permasalahan Tersebut, dibutuhkan sistem akuisisi data suhu yang tidak hanya mampu menangani banyak titik pengukuran (hingga 14 sensor), tetapi juga ekonomis, fleksibel, dan dapat menampilkan data secara *real-time* melalui tampilan antarmuka yang mudah diakses. Sistem ini dirancang dengan memanfaatkan mikrokontroler Raspberry Pi yang terintegrasi dengan sensor digital serta antarmuka berbasis *web*, sehingga mendukung proses monitoring, analisis, dan dokumentasi data suhu secara efisien dan berkelanjutan.

2. LANDASAN TEORI

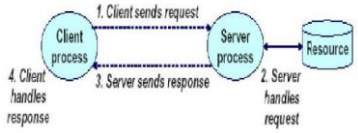
2.1 Sistem Akuisisi Data

Akuisisi data adalah suatu proses pengambilan sampel dari fenomena fisik seperti temperatur, tekanan dan lain sebagainya (1), yang kemudian mengubah data sampel yang didapat menjadi nilai numerik yang dapat diproses oleh komputer. Sedangkan sistem akuisisi data berarti gabungan dari berbagai komponen yang dirancang untuk melakukan pengumpulan, penyimpanan, pengolahan data dan penyaluran data untuk dijadikan sebagai bentuk akhir informasi untuk analisis. Sistem akuisisi data memerlukan sumber data, sensor, sinyal, *hardware* dan *software* (2) untuk menghasilkan informasi.

Gambar 1. Komponen Sistem Akuisisi Data
Sumber : Erwin Sandag (2019)

2.2 Komunikasi TCP/IP

Menurut (3) interaksi dalam setiap aplikasi jaringan umumnya dibangun berdasarkan model komunikasi *client-server*, di mana *client* mengirimkan permintaan layanan kepada server, dan server merespons dengan menyediakan layanan yang diminta.



Gambar 2 Transaksi Client-Server
Sumber : Anshori (2019)

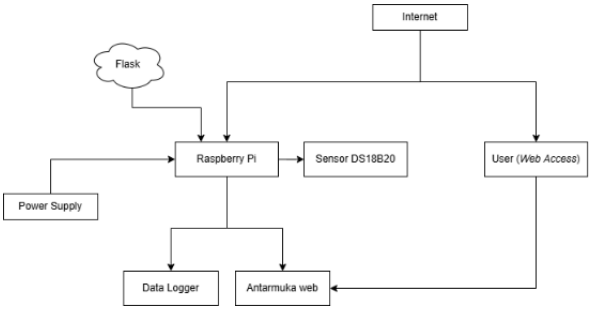
2.3 Flask

Flask merupakan salah satu web *framework* berbasis Python yang tergolong sebagai *microframework* karena bersifat minimalis namun fleksibel untuk membangun aplikasi web. Flask sangat sesuai digunakan pada sistem-sistem berbasis mikrokontroler atau *embedded* sistem seperti Raspberry Pi karena tidak membutuhkan sumber daya komputasi yang besar. *Framework* ini memungkinkan pengembang membuat aplikasi web yang ringan namun tetap fungsional (4), dengan struktur kode yang sederhana dan mudah dikembangkan.

Menurut (5), Flask menyediakan kerangka kerja yang dapat membantu pengembang membangun web yang terstruktur dan mengatur perilaku aplikasi secara efisien, meskipun tidak menyertakan berbagai fitur bawaan seperti validasi *form* atau integrasi basis data. Namun, Flask tetap fleksibel karena mampu menggunakan ekstensi pihak ketiga untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dengan demikian, Flask menjadi pilihan yang tepat untuk sistem akuisisi data berbasis Raspberry Pi yang membutuhkan efisiensi, fleksibilitas, dan skalabilitas.

3. PERANCANGAN SISTEM

Diagram alir sistem dimulai dari *power supply* yang memberikan daya ke raspberry pi sebagai pusat kendali utama sistem. Raspberry pi yang terhubung dengan sensor DS18B20 melalui protokol 1-*wire* melakukan pembacaan suhu secara *real-time.* Data yang diperoleh dari sensor diolah oleh Raspberry Pi dan ditampilkan melalui antarmuka web yang dibangun menggunakan *framework* Flask. Flask bertugas sebagai web server lokal yang mengatur lalu lintas data antara *backend* (Python) dan *frontend* (web). Melalui jaringan lokal, pengguna (*user*) dapat mengakses tampilan antarmuka ini melalui browser untuk memantau grafik suhu secara langsung.



Gambar 3. Diagram Alir Sistem

Perancangan sistem terdiri dari perancangan perangkat keras berupa sensor dan mikrokontroler, dan perancangan perangkat lunak berupa perancangan antarmuka web dan sistem penyimpanan data

3.1 Perancangan Perangkat Keras

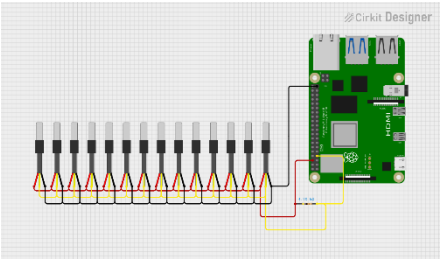
Perangkat keras yang dipilih adalah Raspberry Pi, spesifikasi dari perangkat keras yang digunakan pada sistem ini dilansir laman resmi Raspberry Pi yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan skema perancangan perangkat keras dapat dilihat pada

Gambar 4 sebagai alasan pemilihan mikrokontroler sebagai otak yang akan menjalankan sistem (6).

Tabel 1. Keunggulan Raspberry Pi 3B+

Spesifikasi	Raspberry Pi 3B+
CPU	Menggunakan BCM2837B0 64-bit *Quad-Core* Cortex-A53 dengan kecepatan 1.4 GHz
RAM	Kapasitas 1 GB
GPU	*Broadcom VideoCore* IV @ 400 MHz
Output Video	1x HDMI
Resolusi	2560 x 1600
Output Audio	*Audio Jack* 3.5 mm
Wifi	802.11b/g/n/ac *Dual Band* @ 2.4 Ghz & 5 GHz
Bluetooth	*Bluetooth* 4.2
Ethernet	*Gigabit Ethernet* Via USB 2.0 @ 300 Mbps
USB	4x USB 2.0
Catu Daya	5V @ 2.5A
Port Catu Daya	*Micro* USB
GPIO	40 pin

Pada tahap perancangan *hardware*, komponen-komponen utama yang telah ditentukan dirancang menjadi suatu kesatuan. Sistem ini dirancang agar mampu membaca suhu dari beberapa sensor DS18B20 secara paralel dan menampilkannya secara *real-time* melalui antarmuka web.



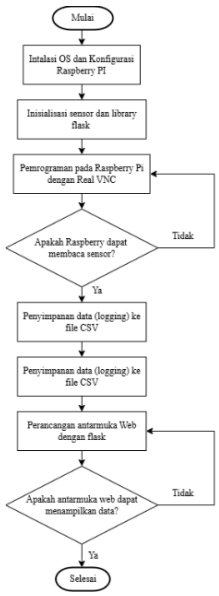
Gambar 4. Perancangan perangkat keras sistem

Sensor DS18B20 dipilih karena memiliki tingkat akurasi yang baik serta mendukung komunikasi *one-wire* (7) yang memungkinkan penghematan jumlah pin dan kemudahan instalasi secara paralel. Resistor 4,7 kΩ berfungsi sebagai *pull-up* resistor untuk menjaga kestabilan sinyal data pada jalur komunikasi *one-wire* antara DS18B20 dan Raspberry Pi (8). Skema koneksi antara beberapa sensor DS18B20 dengan Raspberry Pi 3 menggunakan rangkaian paralel dengan satu jalur data (DQ), yang dihubungkan ke GPIO 4. Instalasi ini disimulasikan menggunakan *platform Cirkit Designer* untuk memastikan kesesuaian *pinout* dan efisiensi koneksi.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak (*software*) dalam sistem akuisisi data ini memiliki peran penting untuk mengelola dan mengolah data yang diterima dari perangkat keras (*hardware*).

Proses perancangan perangkat lunak dimulai dengan perancangan pada Raspberry Pi 3 menggunakan *Python* dilanjutkan dengan perancangan pada Flask untuk perancangan antarmuka web dan penyimpanan data. Untuk mempermudah akses antarmuka grafis, digunakan aplikasi RealVNC *Viewer* (9) atau PuTTY untuk mengakses Raspberry Pi secara *remote* melalui jaringan lokal (Wi-Fi atau LAN). IP address Raspberry Pi dicari melalui *router* pada jaringan wifi yang sama. PuTTY menggunakan alamat IP tersebut sebagai identitas unik Raspberry Pi untuk menginisiasi koneksi, sedangkan RealVNC memanfaatkannya untuk menampilkan antarmuka grafis secara jarak jauh.



Gambar 5. Skema perancangan perangkat lunak.

Setelah Raspberry Pi siap, instalasi pustaka pemrograman dilakukan melalui terminal, dengan menggunakan perintah *"sudo apt install-xyz"*, dimana xyz adalah pustaka yang akan terinstal, seperti terlampir pada Tabel 2.

Tabel 2. Pustaka yang diperlukan untuk pemograman

Nama Pustaka	*Fungsi*
csv	*Menyimpan data dalam format CSV*
datetime / time	*Memberikan informasi waktu (timestamp)*
w1thermsensor	*Membaca data suhu dari sensor One Wire seperti DS18B20*
Flask	*Menyediakan antarmuka pengguna berbasis web*

3.3 Implementasi Akuisisi Data

Pada tahap ini, dilakukan perancangan kode program menggunakan bahasa *Python* yang berfungsi untuk membaca data suhu dari sensor DS18B20, menyimpan data secara periodik ke dalam berkas CSV, serta mengatur interval pembacaan dan pencatatan data.

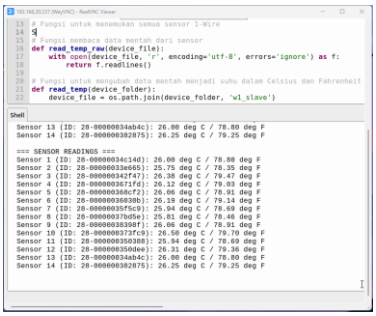
Tabel 3. Penjelasan tiap bagian dari pemograman yang dibuat.

Bagian Kode	Penjelasan
from flask import Flask, render_template, jsonify	Mengimpor modul Flask untuk membuat web server dan API JSON.
sensor_ids = {...}	Pustaka yang memetakan nama sensor ke ID unik DS18B20.
read_temp_raw(device_berkas)	Membaca isi berkas mentah dari sensor di /sys/bus/w1/devices/.
read_temp(sensor_id)	Membaca suhu dari sensor. Jika tidak di Raspberry Pi, akan menghasilkan suhu simulasi antara 15-35 °C.

history dan history_timestamps	Menyimpan histori data suhu dan waktu pembacaan untuk setiap sensor (maks. 20 data terakhir).
@app.route('/')	*Endpoint* utama yang merender halaman web (index.html) dengan daftar nama sensor.
@app.route('/data')	*Endpoint* API yang mengembalikan data suhu terbaru dan histori dalam format JSON, serta menyimpan ke berkas CSV.
log_to_csv(timestamp_full, temperature_data)	Fungsi yang menyimpan data pembacaan suhu ke dalam berkas CSV berdasarkan tanggal saat ini.
if __name__ == '__main__':	Memastikan *direktori templates* dan *static* ada, lalu menjalankan server Flask di *port* 5003.
app.run(host='0.0.0.0', port=5003, debug=True)	Menjalankan web server agar dapat diakses dari jaringan lokal pada *port* 5003.

3.4 Pengujian Fungsi Sistem

Jika sensor berhasil dikenali oleh sistem, maka pembacaan suhu dapat dilakukan dengan script Python dasar untuk memastikan bahwa data yang diterima valid. Pada pengujian fungsi sensor ini dapat menggunakan perintah “def find_sensors(): return glob.glob(BASE_DIR + '28-*')” untuk memerintahkan sistem menemukan semua sensor 1-Wire, sehingga 14 sensor tersebut dapat ditampilkan pada Python (10) Shell di Thonny.



Gambar 6. Tampilan Uji Sensor pada Python Shell

3.5 Pengujian Akurasi Sistem

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui performansi dari setiap sensor, pengujian ini dilakukan dengan membandingkan antara sensor raspberry pi dengan sensor picolog dengan interval 30 detik selama 15 menit, menghasilkan data sebanyak 31 data per titik pengukuran. Posisi *bulb* sensor DS18B20 dan Picolog diposisikan sedekat mungkin untuk meminimalisir perbedaan data.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada sistem akuisisi data ini terdiri dari beberapa komponen utama yang dirangkai menjadi satu kesatuan untuk mendukung proses pembacaan, penyimpanan dan pengolahan data temperatur. Pada gambar IV.1 terlampir hasil akhir dari perangkat keras yang telah dirakit dengan menggunakan mikrokontroler berbasis Raspberry Pi, yang dipilih karena kemampuannya dalam menjalankan sistem operasi serta mendukung bahasa pemrograman Python yang fleksibel dan mudah digunakan (11) dalam pengolahan data sensor. Raspberry pi kemudian terkoneksi ke 14 sensor DS18B20 tipe *bulb* dengan menggunakan PCB yang telah diamankan koneksinya dengan menggunakan timah solder dan resistor 4,7k Ohm.

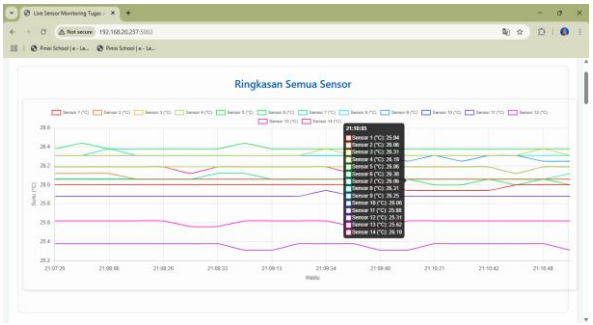
Gambar 7. Hasil akhir rancangan sistem

Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan catu daya eksternal untuk menjamin kestabilan catu daya saat pengoperasian dan pelabelan nama tiap sensor untuk memudahkan identifikasi dan pengujian saat proses instalasi maupun perawatan. Setiap koneksi telah diperiksa dan diuji untuk memastikan bahwa semua sensor dapat memberikan pembacaan data secara akurat dan *real-time*.

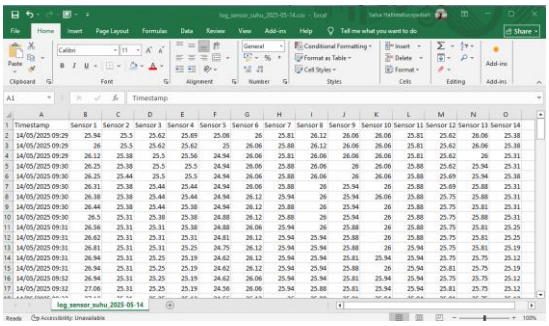
4.2 Hasil Perangkat Lunak

Sistem *software* dirancang untuk membaca, memproses, dan menyimpan data suhu yang diperoleh dari sensor-sensor yang telah terpasang. Program utama ditulis menggunakan bahasa pemrograman *Python* dan dijalankan pada aplikasi Thonny (*Python* IDE) yang terinstal pada Raspberry Pi. *Software* Thonny (*Python* IDE) ini menggunakan berkas program utama bernama “app.py” untuk melakukan pembacaan data sensor secara berkala, menampilkan data pada antarmuka web (12).

Grafik pertama menyajikan data suhu dari 14 sensor secara bersamaan, yang memungkinkan pengguna memantau performa keseluruhan sistem secara kolektif dalam satu waktu seperti gambar serta menyimpan hasil pembacaan ke dalam berkas dengan format CSV seperti terlampir pada gambar.



Gambar 8. Tampilan antarmuka web Grafik Utama

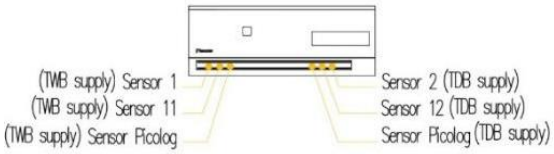


Gambar 9. Tampilan isi berkas *log* sensor

4.3 Hasil Uji Akurasi

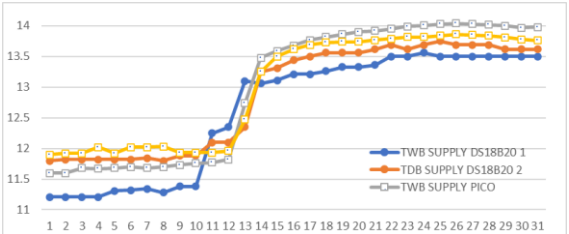
Uji akurasi dilakukan dengan mengambil data dari empat titik pengukuran pada *supply* mesin tata udara domestik. Rincian lengkap mengenai posisi setiap titik pengukuran dapat dilihat pada Gambar IV.11

Gambar 10. Uji Akurasi sensor DS18B20 dengan Picolog

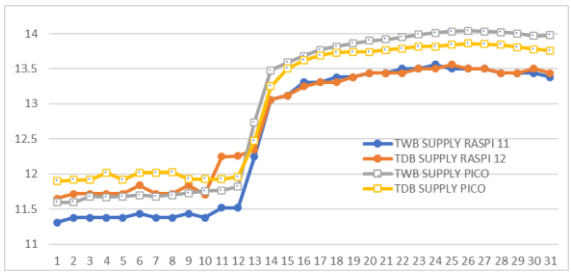


Gambar 11. Rincian titik pengukuran uji akurasi

Sehingga didapatkan hasil pengujian seperti terlampir pada data gambar IV.12 di bawah ini, terlihat bahwa pola pembacaan suhu antara Raspberry Pi dan PicoLog sangat mirip, dengan selisih suhu rata-rata yang kecil dan konsisten. Terjadi kenaikan suhu pada periode 10 hingga 13 akibat perubahan kondisi termal, namun kedua sensor tetap menunjukkan respons yang searah terhadap perubahan tersebut.



Gambar 12. Perbandingan temperatur sensor 1 & 2 DS18B20 terhadap picolog



Gambar 13. Perbandingan temperatur sensor 11 & 12 DS18B20 terhadap picolog

Tabel 4. Ringkasan hasil numerik grafik perbandingan

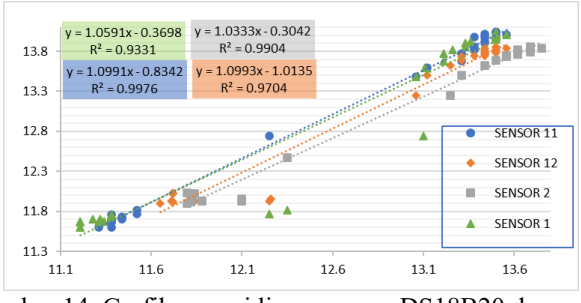
Sensor	Lokasi	Suhu Min (°C)	Suhu Max (°C)	Rata-rata (°C)
DS18B20-01	Supply TWB	11.21	13.56	12.63
DS18B20-11	Supply TWB	11.31	13.56	12.59
DS18B20-02	Supply TDB	11.8	13.75	12.88
DS18B20-12	Supply TDB	11.65	13.56	12.75
PICOLOG-01	Supply TWB	11.6	14.04	13.01
PICOLOG-02	Supply TDB	11.9	13.86	13.01

Perbedaan data yang dihasilkan oleh sensor 1 dan 2, serta sensor 11 dan 12 terhadap data acuan dari Raspberry Pi Pico dapat dianalisis menggunakan metode statistik. Dua metode yang digunakan adalah MAE (*Mean Absolute Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

Tabel 5. Hasil MAE dan MAPE sensor DS18B20 dengan Picolog

	MAE	MAPE
SENSOR 1	0.47	4%
SENSOR 2	0.14	1%
SENSOR 11	0.41	3%
SENSOR 12	0.29	2%

Sebagai pelengkap dari analisis *error*, dilakukan juga analisis regresi linear untuk melihat hubungan linier antara pembacaan sensor (sensor 1, 2, 11, dan 12) dengan data acuan dari PicoLog. Hasil regresi menunjukkan bahwa semua sensor memiliki nilai R^2 yang tinggi, yaitu di atas 0,90 dengan nilai tertinggi sebesar 0,9976 pada sensor 2. Nilai ini mengindikasikan bahwa variasi pembacaan sensor sangat sesuai dengan variasi pembacaan referensi, atau dengan kata lain, sensor mampu mengikuti perubahan suhu secara linier dan konsisten.



Gambar 14. Grafik regresi linear sensor DS18B20 dan PicoLog

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem akuisisi data bersifat skalabel
   Sistem akuisisi data ini memanfaatkan 14 sensor suhu digital DS18B20. Berkat penggunaan protokol komunikasi 1-Wire, sistem ini memungkinkan penambahan sensor secara signifikan hanya dengan menggunakan satu jalur data.
2. Sistem akuisisi data berfungsi sesuai tujuan
   Seperti yang terlampir pada tujuan di subbab 1.3 sistem akuisisi data ini dirancang untuk dapat membaca, merekam dan menyimpan data suhu dari beberapa titik pada peraga AC dengan baik. Data dapat direkam dalam format CSV dan divisualisasikan dalam antarmuka web.
3. Sensor memiliki akurasi tinggi
   Berdasarkan uji akurasi terhadap alat referensi (PicoLog), sensor-sensor yang diuji (1, 2, 11, dan 12) menunjukkan nilai *mean absolute percentage error* (MAPE) kurang dari 5%, serta hubungan linier yang sangat kuat $\boldsymbol{R^2} > 0.90$) terhadap pembacaan referensi. Ini menunjukkan bahwa sensor cukup andal untuk digunakan dalam sistem pemantauan suhu.
4. Sistem memiliki potensi pengaplikasian yang lebih luas seperti monitoring pada sistem cold chain dan sistem HVAC pintar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada P3M Politeknik Negeri Bandung atas pendanaan pada penelitian ini dengan skema Penelitian Terapan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wardana AA, Jehuda MJE. Perancangan Sistem Akuisisi Data Pada Lahan Pertanian Yang Terhubung Dengan Web Sebagai Referensi Usaha Peningkatan Produksi Pertanian. Peranc Sist Akuisisi Data Pada Lahan Pertan Yang Terhubung Dengan Web Sebagai Ref Usaha Peningkatan Produksi Pertan. 2017;
2. Wahyudi EE, Auzan M, Dharmawan A, Nuryanto DE, Susyanto N, Samodra G, et al. Akuisisi Data Prediksi Curah Hujan Secara Periodik Menggunakan Apache Airflow. J Informatics, Inf Syst Softw Eng Appl. 2022;4(2):1–12.
3. Anshori IF. Implementasi Socket Tcp/Ip Untuk Mengirim Dan Memasukan File Text Kedalam Database. Responsif. 2019;Vol 1 No 1(1):1–5.
4. Naik P. Unplugging Flask for Crafting Web Apps with Python ' s Cleanest Framework (Flask Fusion with Templates , Routes , and Logic in One Powerful Stack). 2025.
5. Manurung P, Tambunan IH. Automated Data Acquisition in Monitoring Automatic Composter with Multisensory System. 2024;2024(Senada):1050–9.
6. Ilten E. Raspberry Pi Sense Hat Application on Simulink. New Trends Front Eng. 2024;(October):164–77.
7. Yunita D, Nurazis AS, Juanda J, Nasution IS, Satriana S. Design and Examination of Yogurt Maker Machine with Sensor Temperature DS18B20. J Tek Pertan Lampung (Journal Agric Eng. 2024;13(1):250.
8. Sri Widoretno SW, Mukhlison M, Mohammad Khoirur Roziqin MKR. Pendeteksi Suhu Air Kolam Ikan Gurame Menggunakan Ds18B20 Sebagai Saklar Otomatis Pompa Air Sumur Di Sutojayan Blitar. J Qua Tek. 2022;12(2):63–71.
9. Kummar S. Real-Time Environmental Monitoring: IoT Integration and Remote Access via Raspberry Pi and VNC Viewer. 2024;(Table 10):4–6.
10. Iswanto, Megantoro P, Dewi EPF. Ph meter based raspberry pi and user interface using python. Int J Innov Technol Explor Eng. 2019;9(1):1334–8.
11. Jain H, Angrave L. 2025 IL-IN Section Conference Empowering Engineering Education with the Raspberry Pi 5. 2025;(April).
12. Zarco-Periñán PJ, Zarco-Soto FJ, Zarco-Soto IM, Martínez-Ramos JL, Sánchez-Durán R. CO2 Emissions in Buildings: A Synopsis of Current Studies. Energies. 2022;15(18).
13. Joice A, Tufaique T, Tazeen H, Igathinathane C, Zhang Z, Whippo C, et al. Applications of Raspberry Pi for Precision Agriculture—A Systematic Review. Agric. 2025;15(3):1–31.
14. Wydyanto. Converting Image Text to Speech Using Raspberry Pi. J Inf Syst Eng Manag. 2025;10(34s):651–8.
15. Džankić R, Bulatović Z, Bauk S. Improving Security and Privacy with Raspberry Pi Devices. 2025;217–3