

Pengembangan Mikrokontroler ESP 32 Sebagai Alat Akuisisi Data Untuk Monitoring Kinerja Sistem Refrigerasi Dan Tata Udara

Sunardi¹, Muhammad Nuriyadi²

¹. Politeknik Negeri Bandung, Jl. Geger kalong Hilir , Bandung, sunardi@polban.ac.id

². Politeknik Negeri Bandung, Jl. Geger kalong Hilir , Bandung, nuriyadi@polban.ac.id

Submisi: 11 september 2024; Penerimaan: 10 Februari 2025

ABSTRAK

Training unit yang ada di laboratorium refrigerasi masih banyak menggunakan pengukuran secara manual. Pengambilan data secara manual sangat tergantung pada pengamatan manusia yang mana keakuratan dan waktu pengambilan data tidak stabil dan tingkat akurasinya rendah. Untuk itu perlu dikembangkan alat akuisisi data menggunakan mikrokontroler esp32 sebagai pengolah data dengan dilengkapi sensor suhu DS18B20, sensor arus litrik SCT013 dan sensor tegangan ZMPT101B. Dari pengembangan alat ini menghasilkan luaran berupa alat monitoring yang mampu menyimpan data pengukuran secara real time dan akurat untuk kegiatan pembelajaran. Dari hasil analisis diperoleh bahwa pengukuran parameter sistem tata udara dengan menggunakan Akuisisi Data (DAQ ESP-32) menghasilkan pengukuran yang dinamis, lebih akurat dan tepat dibandingkan pengukuran manual. selisih perbedaan parameter berkisar antara 4 sampai dengan 10 persen.

Kata Kunci : *Esp32; pencatat data; alat ukur; akuisisi data.*

LATAR BELAKANG

Pengembangan alat monitoring kinerja trainer sistem refrigerasi dan tata udara memiliki beberapa kepentingan yang signifikan, diantaranya untuk mengurangi kesalahan yang diakibatkan dari pengamatan manusia, Dengan memantau kinerja sistem secara terus-menerus, alat monitoring ini dapat membantu dalam mendeteksi potensi masalah sebelum menjadi serius. Pemeliharaan preventif yang tepat waktu dapat mengurangi risiko kerusakan yang mahal dan mengurangi waktu tidak produktif karena downtime sistem.

Beberapa penelitian telah mengembangkan dan memvalidasi unit pelatihan untuk pendingin dan pengkondisian udara. Abu-Mulaweh [1] menciptakan peralatan eksperimental pengkondisian udara portabel yang dapat mendemonstrasikan berbagai proses pengkondisian udara dan dasar-dasar siklus pendinginan. Lucas [2] merancang Alat Ekstraktor Freon Improvisasi sebagai Trainer Inovatif yang berisi bagian-bagian elektrik dan non elektrik serta berfungsi sebagai bahan pembelajaran pada mata pelajaran refrigerasi dan tata udara. Ningsih [3] dan Ermac [4] mengembangkan media pembelajaran AC Split R32 yang meliputi

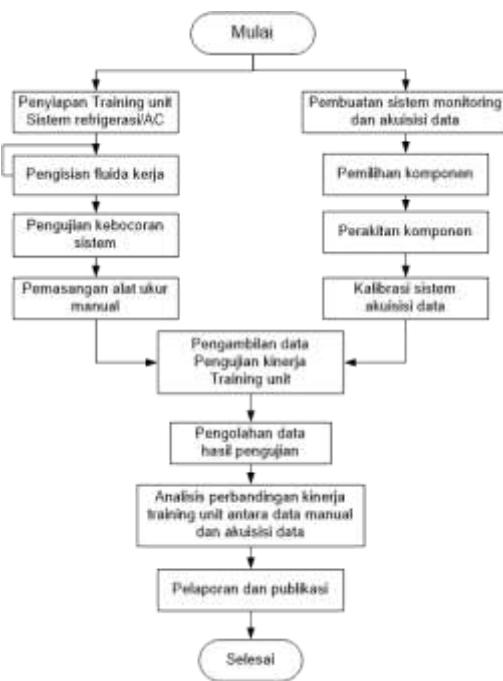
trainer dan job sheet, dan ternyata cocok digunakan pada mata kuliah teknik pendingin dan tata udara. Studi-studi ini secara kolektif berkontribusi pada pengembangan training unit yang efektif di lapangan. Selain itu beberapa penelitian juga telah mengeksplorasi sistem pemantauan dan kontrol real-time dalam pendingin dan pengkondisian udara. Jota [5] dan Momeni [6] menekankan pentingnya pemantauan berkelanjutan untuk manajemen energi dan evaluasi kinerja sistem. Shinde [7] dan Peng [8] masing-masing fokus pada aplikasi spesifik, seperti pemantauan truk berpendingin dan kendali jarak jauh unit AC. Jegan [9] merancang sistem pemantauan, pengoptimalan, dan penyesuaian efisiensi energi AC sentral secara real-time. Menurut Zhou [10] pengaturan dinamis optimal real-time dari suhu dan kelembaban dalam ruangan mengurangi konsumsi energi sistem pendingin udara, menghasilkan tingkat penghematan daya tahunan sebesar 32,69% - 66,76%. Studi-studi ini secara kolektif menyoroti potensi sistem pemantauan real-time untuk meningkatkan efisiensi energi, kualitas produk, dan kinerja sistem pendingin dan pendingin udara.

Dalam rangka untuk mengurangi kesalahan yang diakibatkan pengamatan manusia maka dibuat atau didesain sebuah alat akuisisi data untuk monitoring sistem refrigerasi dan AC yang dapat merekam data parameter suhu dan lainnya sehingga memudahkan dalam melakukan analisis kinerja sistem refrigerasi dan AC kemudian membandingkan hasil pengukuran yang diperoleh dengan pengukuran secara manual.

METODE PENELITIAN

Pada gambar 1 diperlihatkan diagram alur proses dari awal perancangan sampai akhir pelaporan. Penelitian dimulai dengan menyiapkan

training unit sistem refrigerasi dan tata udara, yang meliputi penyiapan komponen refrigerasi dan tata udara, pengisian fluida kerja, pengujian kebocoran, penyiapan sistem alat akuisisi data, pengujian sistem, pengolahan data dan Analisa sampai dengan pelaporan / publikasi



Gambar 1 Diagram alir proses pengembangan alat monitoring kinerja sistem refrigerasi.

Alat data akuisisi untuk monitoring kinerja trainer sistem refrigerasi dan tata udara menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data, dengan mengintegrasikan sensor suhu DS18B20, sensor arus SCT013 dan sensor tegangan ZMPT 101B. Untuk pengkodean atau pemrograman mikrokontroler ESP 32 bisa dilakukan menggunakan Arduino IDE. Kemudian mengkalibrasi alat ukur tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Dari penelitian ini menghasilkan sebuah alat monitoring training unit AC yang terdiri dari komponen sebagai berikut :

- Mikrokontroler Board ESP32
- Sensor suhu DS18B20
- Sensor arus SCT013
- Sensor tegangan ZMPT 101B
- LCD Display
- Kartu memori
- Catu daya 12V sebagai sumber utama untuk mikrokontroler dan LCD display.
- Box sebagai wadah untuk perakitan komponen.
- Kabel jumper dan komponen penunjang (sekrup, PCB, kabel)

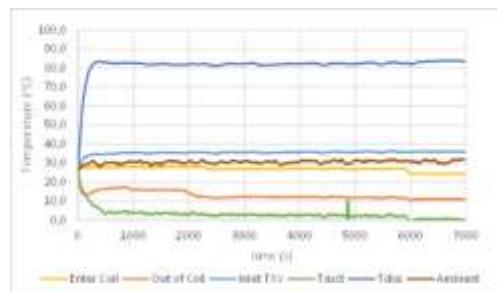


Gambar 2 Alat akuisisi data monitoring kinerja sistem refrigerasi.

Pada gambar 2 menunjukkan komponen utama alat monitoring training unit AC yang mana dapat digunakan untuk mengukur 8 titik temperatur, tegangan dan arus secara berkelanjutan.

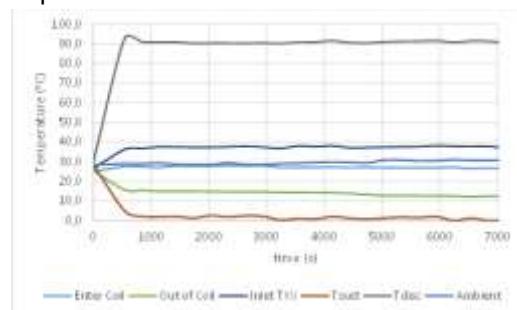
Pembahasan

Pengukuran temperatur yang dihasilkan alat akuisisi data ditampilkan pada gambar 3, yang meliputi temperatur udara masuk koil, keluar koil, temperatur sisi refrigeran di bagian isap, tekan dan masuk alat ekspansi. Parameter temperatur tersebut akan sangat dibutuhkan untuk mengevaluasi kinerja sistem tata udara.



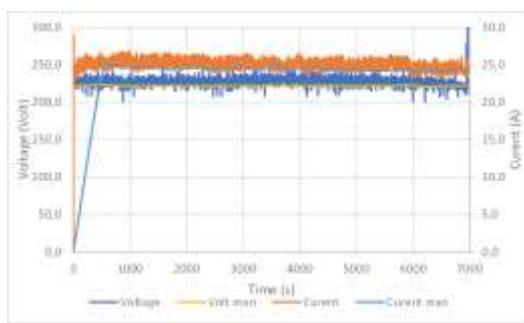
Gambar 3 Profil temperatur sistem tata udara dengan alat ukur akuisisi data

Gambar 4 menunjukkan profil yang sama, namun dengan menggunakan alat ukur manual. Terlihat bahwa hasil pengukuran dengan akuisisi data lebih detil dalam menampilkan perubahan temperatur tiap saat karena periode pengukuran dilakukan tiap detik, sedangkan pengukuran manual dilakukan tiap 5 menit.



Gambar 4 Profil temperatur sistem tata udara dengan alat ukur manual

Gambar 5 menampilkan hasil pengukuran tegangan dan arus listrik. Terlihat bahwa hasil pengukuran dengan akuisisi data lebih dinamis dan detail sehingga lebih menggambarkan kondisi sistem untuk tiap saat. Sebagai contoh pengukuran arus saat awal sistem dinyalakan terdapat lonjakan arus di beberapa detik awal, namun tidak terlihat pada pengukuran manual, hal ini menjadi titik kritis saat sistem baru dinyalakan.



Gambar 5 Profil pengukuran tegangan dan arus dengan pengukuran akuisisi data dan manual.

Tabel 1 Menunjukkan besaran rerata pengukuran tiap parameter dengan alat akuisisi data dan simpangannya. Sedangkan tabel 2 menunjukkan parameter yang sama namun dengan pengukuran manual.

Tabel 1 Rerata dan simpangan hasil pengukuran dengan akuisisi data ESP-32

	Temperatur Sebelum Koil		Temperatur Sesudah Koil		Temperatur Masuk TXV	Temperatur Suction	Temperatur Discharge	Temperatur Lingkungan	Tegangan	Arus
	Twb	Tdb	Twb	Tdb						
Rerata	21,15	26,91	11,36	13,06	35,55	3,04	81,84	30,56	227,98	25,10
Simpangan	0,90	1,12	0,91	2,04	0,89	2,70	4,49	0,81	4,10	0,66

Tabel 2 Rerata dan simpangan hasil pengukuran manual

	Temperatur Sebelum Koil		Temperatur Sesudah Koil		Temperatur Masuk TXV	Temperatur Suction	Temperatur Discharge	Temperatur Lingkungan	Tegangan	Arus
	Twb	Tdb	Twb	Tdb						
Rerata	21,53	26,86	12,67	13,81	37,19	2,80	89,13	29,76	222,03	23,56
Simpangan	0,86	0,90	2,32	2,59	2,07	5,69	11,23	0,97	0,32	4,46

Secara garis besar Tabel 2 menunjukkan adanya peningkatan dalam variasi (simpangan) di beberapa parameter,

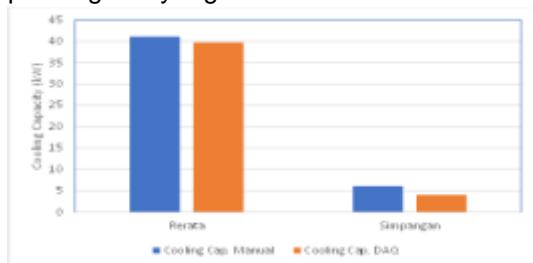
yang dapat menunjukkan perubahan kondisi atau ketidakstabilan dalam sistem pengukuran. Sebaliknya, beberapa parameter menunjukkan peningkatan dalam rata-rata, misalnya, Temperatur *discharge*, yang bisa menjadi indikasi peningkatan beban atau perubahan kondisi operasional pada sistem yang diukur, namun tidak terlihat detil pada pengukuran. Stabilitas tegangan tampaknya lebih baik di tabel 2, tetapi arus menunjukkan peningkatan variasi yang signifikan.

Sistem yang dianalisis menunjukkan stabilitas yang baik dengan variasi yang minimal dalam temperatur, tegangan, dan arus. Temperatur sebelum dan sesudah koil menunjukkan bahwa koil pendingin bekerja secara efektif untuk menurunkan suhu udara. Variasi kecil pada parameter ini menunjukkan konsistensi dalam operasi, yang penting untuk efisiensi dan kinerja jangka panjang sistem.

Rerata: Pengukuran pada tabel 2 menunjukkan suhu yang lebih tinggi setelah koil dan pada suhu TXV masuk, serta tegangan dan arus yang sedikit lebih rendah. Namun, ada perbedaan signifikan dalam temperatur *suction* dan *discharge* antara kedua pengukuran. Simpangan: Pengukuran pada tabel 1 umumnya lebih stabil dalam hal variasi (simpangan lebih rendah) pada sebagian besar parameter, kecuali untuk tegangan yang lebih stabil di pengukuran pada tabel 2.

Pada gambar 6 menampilkan perbandingan antara dua metode pengukuran kapasitas pendinginan (Cooling Capacity). Perbedaan antara kedua metode dalam hal rerata tidak terlalu signifikan, meskipun pengukuran manual menunjukkan kapasitas pendinginan yang sedikit lebih tinggi daripada metode data akuisisi (DAQ). Hal ini mungkin menunjukkan bahwa metode manual cenderung sedikit overestimasi dibandingkan dengan pengukuran otomatis

menggunakan data akuisisi (DAQ). Simpangan yang lebih besar pada metode manual menunjukkan bahwa ada lebih banyak variabilitas atau fluktuasi dalam hasil pengukuran manual. Sebaliknya, metode data akuisisi (DAQ) menghasilkan hasil yang lebih konsisten dengan variasi yang lebih rendah. Ini dapat mengindikasikan bahwa metode data akuisisi (DAQ) lebih akurat dan andal dalam menghasilkan pengukuran kapasitas pendinginan yang konsisten.



Gambar 6 Perbandingan perhitungan kapasitas pendinginan hasil pengukuran dengan ESP 32 dan pengukuran manual.

Tabel 3 menampilkan adanya perbedaan hasil perhitungan parameter kinerja sistem tata udara dengan menggunakan pengukuran manual dan DAQ ESP-32. Besar selisih perbedaan tersebut adalah 4% untuk kapasitas pendinginan, 6% untuk konsumsi daya , dan 10% untuk EER.

Tabel 3 Perbedaan parameter sistem tata udara hasil pengukuran manual dan alat akuisisi data

	Cooling Cap.		Power		EER	
	Manu al	DAQ	Manu al	DAQ	Manu al	DA Q
Rerata	41,12	39, 72	5412, 22	5722, 83	7,61	6,9 4
Simpangan n	6,11	4,0 5	74,23	8	1,22	0,6 6
Prosentase	4%		6%		10%	

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil ujicoba dan analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Pengukuran parameter sistem tata udara dengan menggunakan data akuisisi (DAQ) ESP-32 menghasilkan pengukuran yang dinamis, lebih akurat dan tepat dibandingkan pengukuran manual.
- Selisih perbedaan parameter berkisar antara 4 sampai dengan 10 persen.

Alat monitoring akuisisi data (DAQ) berbasis mikrokontroler ESP 32 masih bisa dikembangkan lebih lanjut, diantaranya dengan menggabungkan konsep IoT pada sistem akuisisi data, sehingga sistem pendingin dan tata udara bisa beroperasi secara mandiri.

DAFTAR PUSTAKA

Abu-Mulaweh, H. I. (2009). Development and performance validation of portable air-conditioning experimental apparatus. International Journal of Mechanical Engineering Education, 37(2), 144-158.

Lucas, Tranquilino. "Improvised Freon Extractor as an Innovative Trainer." The Quest: Journal of Multidisciplinary Research and Development 2.2 (2023).

Ningsih, Fitria Wahyu, Ilham Akbar Darmawan, and Mohammad Fatkhurrokhman. "Development of air conditioner split R32 trainer learning media in cooling and air conditioning engineering courses." Jurnal Pendidikan Vokasi 11.2 (2021): 213-222.

Eugenio A. Ermac, Nolasco K. Malabago Roberto L. Suson, Mateo A., Refrigeration and Air Conditioning: Breaking Barriers among Practitioners Proficiency, Engineering, Environmental Science, Education, International Journal of Trend in

Scientific Research and Development, 2020.

Jota, F. G., Batista, A. P., Herzog, M. M., Jota, P. R., Martins, E. C., & Venâncio, J. R., Effective energy management through on-line monitoring and control: A case study in cooling chambers of a Blood Center, IEEE International Conference on Smart Energy Grid Engineering (SEGE), 2013.

Mahdi Momeni, S. Jani, Ali Sohani, Saber Jani, Elaheh Rahpeyma, A high-resolution daily experimental performance evaluation of a large-scale industrial vapor-compression refrigeration system based on real-time IoT data monitoring technology, Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2021.

Shinde M.H., Patel.Yogesh Jadhav. Shivraj Band. Pravin Ghate, Real-Time Monitoring and Controlling of Refrigerated Truck Using IoT, International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, 2022.

Wenjie Peng, Daizhong Su, Martin Higginson, A novel remote control system for air conditioning in low carbon emission buildings using sensor fusion and mobile communication technologies, Building and Environment, 2019.

G. Jegan, Kota Karthik, S. Lakshmi, K. Srilatha, M. Jebarani, P. Priya, Real Time Air Conditioner Plant Failure Detection System, International Conference on Communication, Computing and Internet of Things (IC3IoT), 2022.

Zhou Yu, Yan Jun-wei, Lin Hai-jie, The energy efficiency monitoring and operation optimization of central air conditioners, Chinese Control and Decision Conference, 2014.