



# IMPLEMENTASI PRESSURE TRANSMITTER SEBAGAI PENGUKUR TEKANAN PADA MODUL ICE CUBE MAKER UNTUK PRAKTIKUM SISTEM REFRIGERASI

Sunardi<sup>1)</sup>, Muhammad Nuriyadi<sup>2)</sup>, Widya Yeni Rawati<sup>3)</sup>, Warsono<sup>4)</sup>

<sup>1,2)</sup> Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung

<sup>3,4)</sup> Jurusan Teknik Energi Politeknik Negeri Bandung

<sup>1)</sup> [sunardi@polban.ac.id](mailto:sunardi@polban.ac.id), <sup>2)</sup> [nuriyadi@polban.ac.id](mailto:nuriyadi@polban.ac.id),

<sup>3)</sup> [widya.yeni@polban.ac.id](mailto:widya.yeni@polban.ac.id), <sup>4)</sup> [warsono@polban.ac.id](mailto:warsono@polban.ac.id)

## ARTICLE HISTORY

Received:

October 28, 2025

Revised

May 22, 2026

Accepted:

May 22, 2026

Online available:

May 30, 2026

## Keywords:

Pressure transmitter, Pressure Gauge, Refrigeration System

\*Correspondence:

Name: Sunardi

E-mail: [sunardi@polban.ac.id](mailto:sunardi@polban.ac.id)

Kantor Editorial  
Politeknik Negeri Ambon  
Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat  
Jalan Ir. M. Putuhena, Wailela-Rumahtiga, Ambon Maluku, Indonesia  
Kode Pos: 97234

## ABSTRACT

Pressure measurement is a crucial parameter in refrigeration systems, serving as a primary indicator of system condition and performance. Pressure data not only reflects compressor workload but also enables the calculation of the Coefficient of Performance (COP) as a benchmark of system efficiency. However, the existing ice cube maker practicum module is not equipped with pressure measurement instruments, limiting practical analysis to visual observation and temperature measurement only. This study integrates a pressure transmitter into the ice cube maker module to provide accurate pressure data. Experimental results show that pressure measurements using the pressure transmitter are more precise and responsive to pressure variations, useful for detecting pressure surges, and capable of providing more accurate and detailed data on refrigeration system performance. Digital measurements yielded an average system operating power of 663.4 Watts with a deviation of 2.85%, while manual measurements produced an average power of 660 Watts with a deviation of 3.43%. Furthermore, digital measurements better represent the actual system operating conditions, resulting in a Coefficient of Performance (COP) of 3.13 with a deviation of 4.1%.

## 1. PENDAHULUAN

Pengukuran tekanan merupakan parameter penting dalam sistem refrigerasi, karena berfungsi sebagai indikator utama yang mencerminkan kondisi dan kinerja sistem refrigerasi. Data tekanan tidak hanya menggambarkan beban kerja kompresor tetapi juga memungkinkan perhitungan *Coefficient of Performance* (COP) yang menjadi tolok ukur efisiensi sistem. Dalam pembelajaran dan praktikum sistem refrigerasi, pemahaman terhadap parameter ini sangat penting, terutama untuk analisis data lebih lanjut dan terperinci tentang kinerja sistem.

Namun, modul praktikum *ice cube maker* yang digunakan saat ini belum dilengkapi dengan instrumen pengukuran tekanan. Dengan tidak adanya alat ukur

tekanan ini mengakibatkan terbatasnya ruang lingkup analisis praktikum, yang hanya terbatas pada observasi visual dan pengukuran temperatur, sehingga mahasiswa tidak dapat melakukan analisis yang komprehensif dan lebih mendalam tentang kinerja sistem refrigerasi.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tekanan refrigeran secara langsung memengaruhi efisiensi dan kapasitas pendinginan sistem refrigerasi (Aziz, 2013). Tekanan hisap yang lebih tinggi dalam sistem AC mobil menghasilkan peningkatan kinerja, dengan efisiensi tertinggi (82,13%) dan COP (7,36) diamati pada 30 psi (Wardika *et al.*, 2022). Variasi tekanan hisap refrigeran memengaruhi kinerja dan efisiensi pendinginan sistem AC otomotif. Namun,



peningkatan tekanan refrigeran dalam sistem R-134a menghasilkan konsumsi energi yang lebih tinggi dan penurunan COP seiring waktu (Imam, 2020). Peningkatan tekanan refrigeran dalam sistem AC mengurangi koefisien kinerja (COP) dan efisiensi pendinginan.

Studi lainnya juga menunjukkan bahwa temperatur kondensor dan evaporator berdampak signifikan pada kinerja sistem, dengan temperatur kondensor yang lebih tinggi menurunkan COP dan efisiensi eksergi (Holle and Roekmono, 2021). Sebaliknya, upaya untuk mendinginkan kondensor, seperti dengan meningkatkan aliran udara, terbukti dapat menurunkan temperatur dan beban kompresor, sehingga pada akhirnya meningkatkan nilai COP (Poernomo, 2015), dari studi tersebut menegaskan bahwa variable temperatur evaporator dan kondensor sangat mempengaruhi COP, dimana temperatur pada kondensor dan evaporator sangat erat kaitannya dengan tekanan kerja pada sistem refrigerasi. pemilihan refrigeran yang berbeda, dengan karakteristik tekanan kerjanya masing-masing, berdampak signifikan terhadap laju pendinginan dan kinerja sistem (Ivana, Musthofa and Putra, 2023). Selain itu beban pendingin juga berdampak pada tekanan kerja sistem pendingin secara keseluruhan (Anwar, 2010). Penelitian yang lain juga menyoroti pentingnya variabel tekanan pada saat pengisian sistem refrigerasi (Sekarsari and Azis, 2024).

Secara keseluruhan, studi-studi ini menekankan perlunya pertimbangan yang cermat terhadap parameter operasional yang secara tidak langsung berkaitan dengan tekanan kerja sistem refrigerasi, Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan integrasi *pressure transmitter* pada modul tersebut. Implementasi ini dirancang untuk menyediakan data tekanan yang akurat dan andal, yang pada akhirnya diharapkan dapat mentransformasi modul praktikum menjadi platform pembelajaran yang lebih efektif guna meningkatkan pemahaman mendalam mahasiswa mengenai dinamika dan kinerja sistem refrigerasi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 merupakan sistem pada chip (SoC) yang dikembangkan oleh *Espressif Systems*, yang berfungsi sebagai unit pemroses utama dalam berbagai aplikasi *embedded system* dan *Internet of Things* (IoT). Tidak hanya berfungsi sebagai pengendali perangkat elektronik, tetapi juga mengintegrasikan antarmuka komunikasi nirkabel *dual-mode* Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth 4.2 BR/EDR/BLE..



Gambar 2.1 Mikrokontroler ESP32

Pada gambar 2.1 menunjukkan bentuk mikrokontroler ESP32 yang terdiri dari beberapa pin digital, tx rx, vin dan ground. Mikrokontroler ESP32 dapat aplikasikan sebagai alat pengukur tekanan pada sistem RHVAC (Nanda *et al.*, 2022)

### 2.2 Pressure Transmitter

*Pressure transmitter* merupakan perangkat instrumentasi yang berfungsi untuk mengubah tekanan menjadi sinyal listrik standar yang dapat diolah lebih lanjut oleh sistem control (Fatimah and Hidayat, 2024).



Gambar 2.2 Pressure transmitter

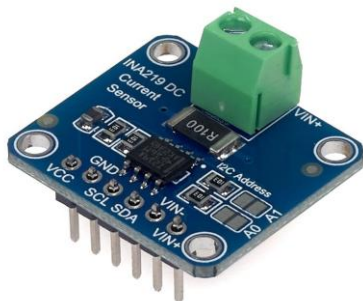
Pada gambar 2.1 menampilkan *pressure transmitter* 4-20mA, Sinyal 4mA merepresentasikan nilai tekanan minimum (biasanya 0 bar atau range bawah), sedangkan 20mA menunjukkan nilai tekanan



maksimum (range atas), Sinyal arus analog ini kemudian dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang terintegrasi pada mikrokontroler ESP32. Setelah dikonversi dan dikalibrasi, nilai tekanan yang telah diproses kemudian ditampilkan secara numerik pada layer LCD.

**2.3 Sensor Arus INA 219**

Sensor INA219 merupakan modul sensor arus dan tegangan DC berbasis IC INA219. Modul ini mampu mengukur tegangan bus DC hingga 26 V dan arus hingga 3,2 A dengan akurasi yang tinggi.



Gambar 2.3 Sensor arus INA 219

Pada gambar 2.3 memperlihatkan modul sensor arus INA 219, yang mana sensor ini memiliki ketepatan pembacaan pengukuran sebesar 96,61% (Arisandi, 2024). Modul ini mengintegrasikan penguat diferensial konverter *analog-to-digital* (ADC) dengan resolusi 12-bit, dan antarmuka komunikasi I2C yang memungkinkan koneksi mudah dengan mikrokontroler seperti ESP32 tanpa memerlukan komponen eksternal tambahan.

**2.4 Parameter Kinerja Sistem Refrigerasi**

Parameter kinerja utama dalam sistem refrigerasi terdiri atas kapasitas pendinginan (cooling capacity), konsumsi daya listrik, *Coefficient of Performance* (COP), dan *Energy Efficiency Ratio* (EER). Kapasitas pendinginan merepresentasikan laju perpindahan panas yang diserap oleh evaporator, sementara konsumsi daya listrik menunjukkan besaran energi yang dibutuhkan untuk mengoperasikan sistem, terutama oleh kompresor. COP dan EER berfungsi sebagai indikator efisiensi sistem, di mana COP didefinisikan sebagai perbandingan antara kapasitas pendinginan dan daya input, sedangkan EER mengukur efisiensi energi pada kondisi operasi tertentu. Dimana parameter-parameter tersebut didefinisikan dengan persamaan berikut :

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

Dimana :

$Q$  = Kapasitas pendinginan (kJ)

$m$  = Massa material yang didinginkan (kg)

$C_p$  = Kalor jenis material (kJ/kg°C)

$\Delta T$  = Perubahan temperatur (°C)

$$COP = \frac{Q_{Evap}}{W_{in}}$$

Dimana :

$COP$  = *Coefficient of Performance*

$Q_{Evap}$  = Laju perpindahan panas di evaporator (kW)

$W_{in}$  = Daya input kompresor (kW)

$$EER = \frac{Q_{Pendinginan}}{P_{Listrik}}$$

Dimana :

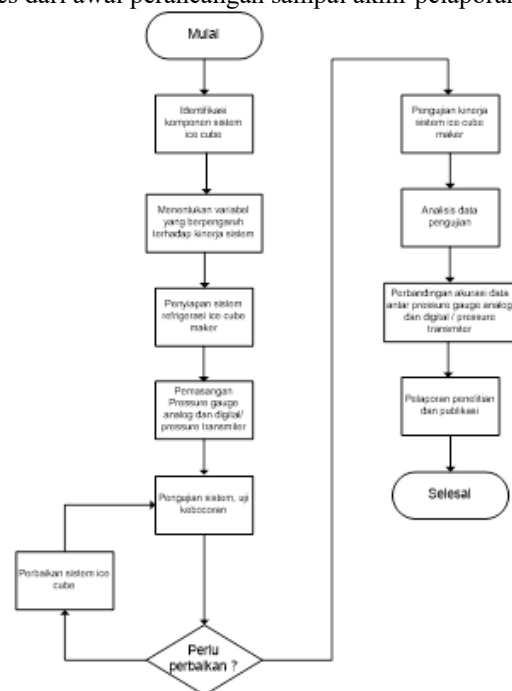
$EER$  = *Energy Efficiency Ratio*

$Q_{Pendinginan}$  = Kapasitas Pendinginan (kW)

$P_{Listrik}$  = Daya Input Listrik (kW)

**3. METODOLOGI**

Pada gambar 3.1 diperlihatkan diagram alur proses dari awal perancangan sampai akhir pelaporan.



Gambar 3.1 Diagram alir proses integrasi pressure transmitter pada sistem ice cube maker

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur mendalam mengenai prinsip kerja *pressure transmitter* dan parameter yang mempengaruhi kinerja sistem refrigerasi. Tahap berikutnya adalah

*Implementasi Pressure Transmitter Sebagai Pengukur*



implementasi dengan memasang pressure transmitter pada modul *ice cube maker*. Setelah instalasi selesai, dilakukan pengujian kinerja sistem yang mencakup proses pengambilan data tekanan secara real-time, analisis data yang diperoleh, serta evaluasi terhadap akurasi dan COP sistem. Seluruh tahapan penelitian diakhiri dengan penyusunan laporan lengkap dan publikasi hasil penelitian.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil dan Perancangan

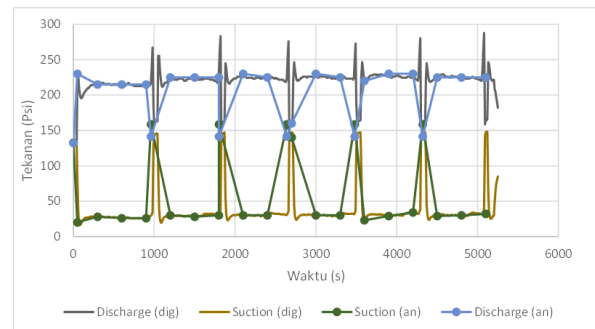
Dalam penelitian ini, modul praktikum Ice Cube Maker diintegrasikan dengan dua buah *pressure transmitter* untuk mengukur tekanan hisap (*suction pressure*) dan tekanan keluar (*discharge pressure*) kompresor seperti yang terlihat pada gambar 4.1, selain pengukuran tekanan, penelitian ini juga mencakup pengukuran parameter termal pada beberapa titik sistem, meliputi temperatur masuk dan keluar kompresor, liquid line, evaporator, air produk, serta produk es yang dihasilkan, selain itu dilakukan juga monitoring konsumsi daya listrik sistem melalui pengukuran arus dan tegangan secara real-time



Gambar 4.1 integrasi *pressure transmitter* pada sistem

### 4.2 Pengujian Alat

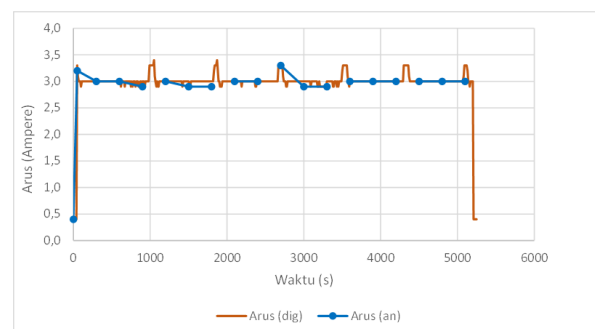
Modul paraktikum *ice cube maker* menggunakan refrigeran R404a. Selain dipasang *pressure transmitter*, pada sistem juga dipasang *pressure gauge analog* sebagai pembanding. Hasil pengukuran tekanan baik secara manual maupun oleh data akuisisi (*pressure transmitter*) ditampilkan pada gambar 4.2, yang meliputi tekanan refrigeran di bagian hisap dan tekanan keluar kompresor. Parameter tekanan tersebut akan sangat dibutuhkan untuk mengevaluasi kinerja sistem refrigerasi. Grafik tekanan ini mencerminkan performa kompresor dan stabilitas sistem secara keseluruhan.



Gambar 4. 2 Grafik tekanan kerja sistem refrigerasi (*discharge* dan *suction*) diukur secara analog/manual dan digital

Tekanan *discharge* berkisar pada 220 sampai 250 psi, nilai ini sesuai dengan tekanan tinggi untuk R404a dalam siklus pendinginan. fluktuasi tajam menunjukkan sistem bekerja dalam mode *load-unload* (*defrost* gas menggunakan sistem *by-pass*). Tekanan rendah dikisaran 30 psi, ini sesuai dengan sisi evaporator dalam sistem R404a.

Kedua metode pengukuran menunjukkan pola yang mirip, tapi alat ukur digital lebih tajam dan responsif terhadap perubahan tekanan. Ini bisa menunjukkan bahwa sensor digital menangkap perubahan lebih cepat atau memiliki resolusi lebih tinggi. Sensor digital menunjukkan fluktuasi yang lebih besar dan penurunan tekanan yang lebih tajam dibandingkan analog. Ini lebih terlihat pada saat sistem mengalami proses *defrost* yang berulang dalam rentang waktu sekitar 800-an detik (sekitar 13 menit). Alat ukur analog memberikan pembacaan yang kurang sensitif terhadap perubahan mendadak. Perbedaan antara sensor digital dan analog menunjukkan bahwa sensor digital menangkap transien lebih cepat, yang berguna untuk mendeteksi lonjakan tekanan atau potensi *overpressure*.



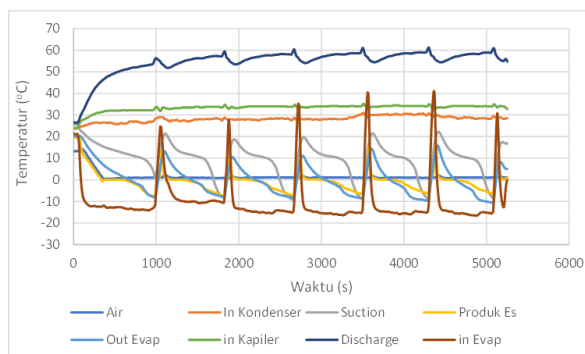
Gambar 4.3 Grafik arus kerja sistem refrigerasi *ice maker* diukur secara manual dan akuisisi data.

Gambar 4.3 menunjukkan perbandingan antara pengukuran arus manual/analog (Arus manual – Biru) dan secara akuisisi data. Pengukuran manual stabil di sekitar 3 Ampere hampir sepanjang waktu, Minim fluktuasi, hal ini terjadi karena keterbatasan pembacaan alat ukur secara manual, respons lambat terhadap



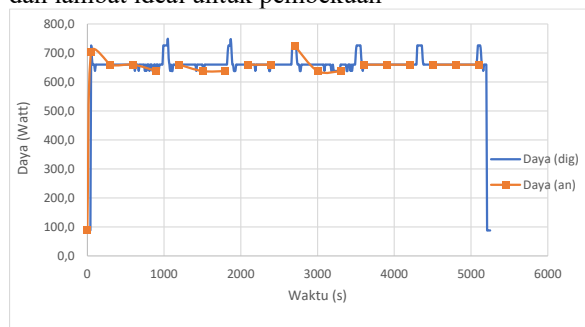
perubahan cepat, dan tidak menangkap adanya lonjakan transien. Sedangkan pengukuran arus secara digital menunjukkan adanya fluktuasi saat terjadinya proses *defrost*. Ini mengindikasikan bahwa sensor digital lebih sensitif terhadap perubahan beban transien listrik.

Pengukuran temperatur dengan data akuisisi ditampilkan pada gambar 4.4, yang meliputi temperatur dibagian *suction*, *discharge*, masuk alat ekspansi dan evaporator, temperature air serta temperature produk es



Gambar 4.4 Grafik temperature kerja sistem refrigerasi *ice cube maker*

Ketika evaporator aktif, temperatur turun drastic, hal ini menunjukkan penukaran kalor di evaporator berjalan baik. Temperatur suction mengikuti temperatur evaporator, artinya refrigeran benar-benar menyerap kalor dari produk sebelum masuk ke kompresor. Penurunan temperatur air secara bertahap menunjukkan pendinginan ruang kabin berlangsung efektif. Penurunan temperatur produk es yang stabil dan lambat ideal untuk pembekuan

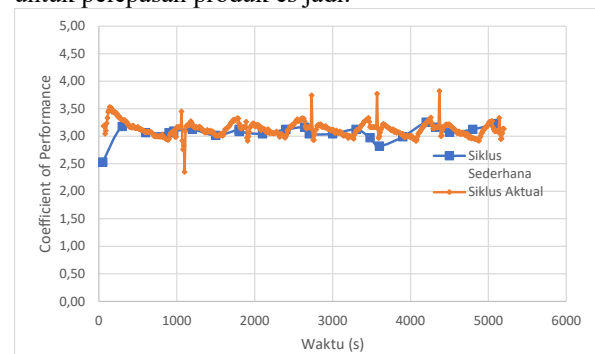


Gambar 4.5 Grafik daya kerja sistem refrigerasi diukur secara analog dan digital

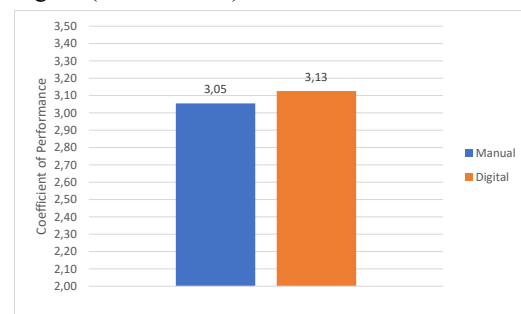
Grafik 4.5 menampilkan perbandingan konsumsi daya sistem refrigerasi yang diukur secara analog/manual dan digital. Pengukuran digital jauh lebih unggul dalam hal stabilitas, akurasi, dan kemudahan analisis. Sedangkan pengukuran analog bisa memberikan gambaran kasar, tetapi tidak cukup andal untuk evaluasi efisiensi energi atau perencanaan sistem. Untuk sistem refrigerasi modern, penggunaan sensor digital sangat disarankan agar konsumsi daya bisa dipantau dan dioptimalkan secara *real-time*.

Secara digital rerata daya operasional system Adalah 663,4 Watt dengan simpangan sebesar 2,85%, sedangkan secara manual rerata daya yang terukur Adalah 660 Watt dengan simpangan 3,43%.

Gambar 4.6 menunjukkan koefisien kinerja sistem *ice cube maker* sesaat pada saat beroperasi. Grafik tersebut membandingkan *Coefficient of Performance (COP)* terhadap waktu untuk pendekatan Siklus Sederhana yang diperoleh dari pengukuran manual, dan Siklus Aktual yang diperoleh dari pengukuran secara digital. COP siklus sederhana cenderung stabil sepanjang waktu, berada dikisaran 2,5–2,3. Siklus sederhana ini tidak menggambarkan adanya proses *defrost* pada saat pelepasan produk di sistem. Sedangkan siklus aktual memiliki nilai COP yang lebih bervariasi, terutama pada saat proses *defrost* untuk pelepasan produk es jadi.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan COP sistem *ice cube maker* diukur secara manual (siklus sederhana) dan digital (siklus aktual)



Gambar 4.7 Perbandingan rata-rata COP pada pengukuran manual dan menggunakan alat ukur digital

Perbandingan rata-rata COP dari kedua siklus digambarkan pada gambar 4.7. dimana COP sistem sederhana dengan pengukuran manual memiliki nilai 3,05 dengan simpangan sebesar 5,6%, sedangkan siklus aktual memiliki nilai COP sebesar 3,13 dengan simpangan sebesar 4,1%.

## 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:



- Pengukuran tekanan secara digital lebih tajam dan responsif terhadap perubahan tekanan, yang berguna untuk mendeteksi lonjakan tekanan atau potensi *overpressure*.
- Penambahan *pressure gauge* dan *pressure transmitter* pada modul *Ice Cube Maker* dapat memberikan data yang lebih akurat dan detail tentang kinerja sistem refrigerasi
- Pengukuran secara digital rerata daya operasional sistem adalah 663,4 Watt dengan simpangan sebesar 2,85%, sedangkan secara manual rerata daya yang terukur adalah 660 Watt dengan simpangan 3,43%.
- Pengukuran secara digital lebih menggambarkan kondisi operasi sistem dengan koefisien kinerja (COP) sebesar 3,13 dengan simpangan 4,1%.

## 5.2. Saran

Pengembangan lebih lanjut dari alat pengukur tekanan berbasis ESP32 ini masih sangat memungkinkan untuk dilakukan. Salah satunya adalah dengan mengintegrasikan algoritma perhitungan sederhana ke dalam pemrograman mikrokontroler. Dengan demikian, sistem tidak hanya mampu menampilkan data tekanan dan suhu secara *real-time*, tetapi juga dapat secara otomatis menghitung dan menampilkan nilai *Coefficient of Performance* (COP) dari sistem refrigerasi. Fitur ini akan meningkatkan fungsi alat dari sekadar *data logger* menjadi sebuah alat analisis kinerja sistem yang lebih baik dan berdampak signifikan pada efisiensi proses evaluasi selama praktikum.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Politeknik Negeri Bandung sesuai Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Skema Penelitian Tenaga Kependidikan Fungsional Nomor: 123.6/R7/PE.01.03/2025, isi sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, K. (2010) "Efek beban pendingin terhadap performa sistem mesin pendingin," *Jurnal SMARTek*, 8(3), pp. 203–214.
- Aziz, A. (2013) "Komparasi Katup Ekspansi Termostatik dan Pipa Kapiler terhadap Temperatur dan Tekanan Mesin Pendingin," *Seminar Nasional Teknik Kimia Teknologi Oleo dan Petrokimia (SNTK TOPI)*, Pekanbaru.
- Fatimah, L.A. and Hidayat, R. (2024) "Analisis Hasil Studi Kasus Kalibrasi Pressure Transmitter dengan Metode Zero Calibration," *ELECTRON Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 5(1), pp. 21–29. Available at: <https://doi.org/10.33019/electron.v5i1.109>.
- Holle, M.S. and Roekmono, R. (2021) "Analisis Eksergi dan Optimisasi Termoekonomi pada

Sistem Refrigerasi di Data Center Menggunakan Metode Algoritma Genetika," *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), pp. B71–B78.

- Imam, A. (2020) "Pengaruh Tekanan Refrigeran R-134a Terhadap Nilai Coefficient of Performance (COP)," *J. Inov*, 3(2), pp. 9–12.
- Ivana, R.T., Musthofa, I. and Putra, M.R.F. (2023) "Analisa Efisiensi Laju Pendinginan Refrigeran R-32, R-134a, R410a, Dan LPG Pada Simulator Refrigerator," *JTAM ROTARY*, 5(2), pp. 70–76.
- Nanda, R.A. *et al.* (2022) "Perancangan dan perakitan elektronika mikrokontroler berbasis iot untuk studi pengukuran sistem hvac," *Buana Ilmu*, 7(1), pp. 43–55.
- Poernomo, H. (2015) "Analisis Karakteristik Unjuk Kerja Sistem Pendingin (Air Conditioning) Yang Menggunakan Freon R-22 Berdasarkan Pada Variasi Putaran Kipas Pendingin Kondensor," *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 12(1), pp. 1–8.
- Sekarsari, K. and Azis, H.I. (2024) "Kendali Tekanan Refrigerant Menggunakan Metode Logika Fuzzy," *TELKA-Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi dan Kontrol*, 10(1), pp. 36–46.
- Wardika, W. *et al.* (2022) "Pengaruh Variasi Tekanan Suction Terhadap Kinerja AC Mobil," *AUSTENIT*, 14(2), pp. 80–85.