

**Perbandingan kinerja sistem refrigerasi yang menggunakan 10%
R32 dan 90% R410A dengan 40% R32 dan 60% R410A**

***Performance comparison of refrigeration systems using 10% R32
and 90% R410A with 40% R32 and 60% R410A***

SKRIPSI

Oleh:

**Nama: Fahmi Redzeki Barliana
NPM: 213030053**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2026**

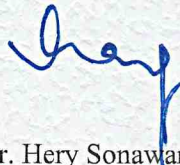
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Perbandingan kinerja sistem refrigerasi yang menggunakan 10% R32 dan 90% R410A dengan 40% R32 dan 60% R410A



Nama: Fahmi Redzeki Barliana
NPM: 213030053

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T.

Pembimbing Pendamping



Mohammad Reza Hernawan, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Perbandingan kinerja sistem refrigerasi yang menggunakan 10% R32 dan 90% R410A dengan 40% R32 dan 60% R410A



Nama: Fahmi Redzeki Barliana
NPM: 213030053

Tanggal sidang skripsi: 17 April 2026

Ketua : Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T.

Sekretaris : Mohammad Reza Hermawan, S.T., M.T.

Anggota : Dr. Ir. Dedi Lazuardi, DEA.

Anggota : Ir. Agus Sentana, M.T.



DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	I
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	II
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	III
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	IV
KATA PENGANTAR	V
DAFTAR ISI	VI
DAFTAR GAMBAR	IX
DAFTAR TABEL	X
ABSTRAK	XI
ABSTRACT	XII
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar belakang	1
2. Rumusan masalah	1
3. Tujuan	1
4. Manfaat	2
5. Lingkup masalah	2
6. Sistematika penulisan	2
BAB II STUDI LITERATUR	4
1. Literatur terdahulu	4
2. Sistem refrigerasi	7
A. Komponen utama <i>A/C</i>	7
B. Prinsip atau cara kerja <i>A/C splitwall</i>	9
C. Siklus refrigerasi kompresi uap	9
3. Perpindahan panas pada evaporator	10

A. Efisiensi termal.....	11
4. Jenis-jenis refrigeran.....	12
5. Karakteristik refrigeran.....	13
6. Pencampuran refrigeran.....	14
A. Jenis campuran refrigeran	15
7. Performa sistem pendingin	15
A. Parameter utama performansi.....	15
BAB III METODOLOGI	17
1. Tahapan penelitian.....	17
2. Tempat penelitian	18
3. Variabel eksperimen.....	18
4. Konfigurasi eksperimen.....	19
5. Peralatan dan bahan	20
6. Prosedur pengujian	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
1. Umum	26
2. Data hasil pengujian	26
A. Data pengujian kerja sistem	27
3. Analisis ketidakpastian	30
A. Sumber ketidakpastian	30
B. Metode perhitungan ketidakpastian	31
C. Data hasil perhitungan ketidakpastian.....	32
4. Analisis desain faktorial	33
A. Analisis desain faktorial konsumsi daya	34
B. Analisis desain faktorial temperatur masuk evaporator	36
C. Analisis desain faktorial temperatur keluar evaporator.....	37
D. Analisis desain faktorial temperatur masuk kondensor.....	39

E.	Analisis desain faktorial temperatur keluar kondensor	41
F.	Analisis desain faktorial tekanan masuk kondensor.....	43
G.	Analisis desain faktorial tekanan masuk evaporator	45
5.	Analisis terhadap <i>baseline</i>	47
A.	Analisis <i>baseline</i> terhadap konsumsi daya.....	48
B.	Analisis <i>baseline</i> terhadap temperatur masuk evaporator	48
C.	Analisis <i>baseline</i> terhadap temperatur keluar evaporator	49
D.	Analisis <i>baseline</i> terhadap temperatur masuk kondensor	49
E.	Analisis <i>baseline</i> terhadap temperatur keluar kondensor.....	50
F.	Analisis <i>baseline</i> terhadap tekanan masuk kondensor	50
G.	Analisis <i>baseline</i> terhadap tekanan masuk evaporator.....	51
6.	Hasil Analisis.....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		53
1.	Kesimpulan.....	53
2.	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA.....		54
LAMPIRAN.....		59

ABSTRAK

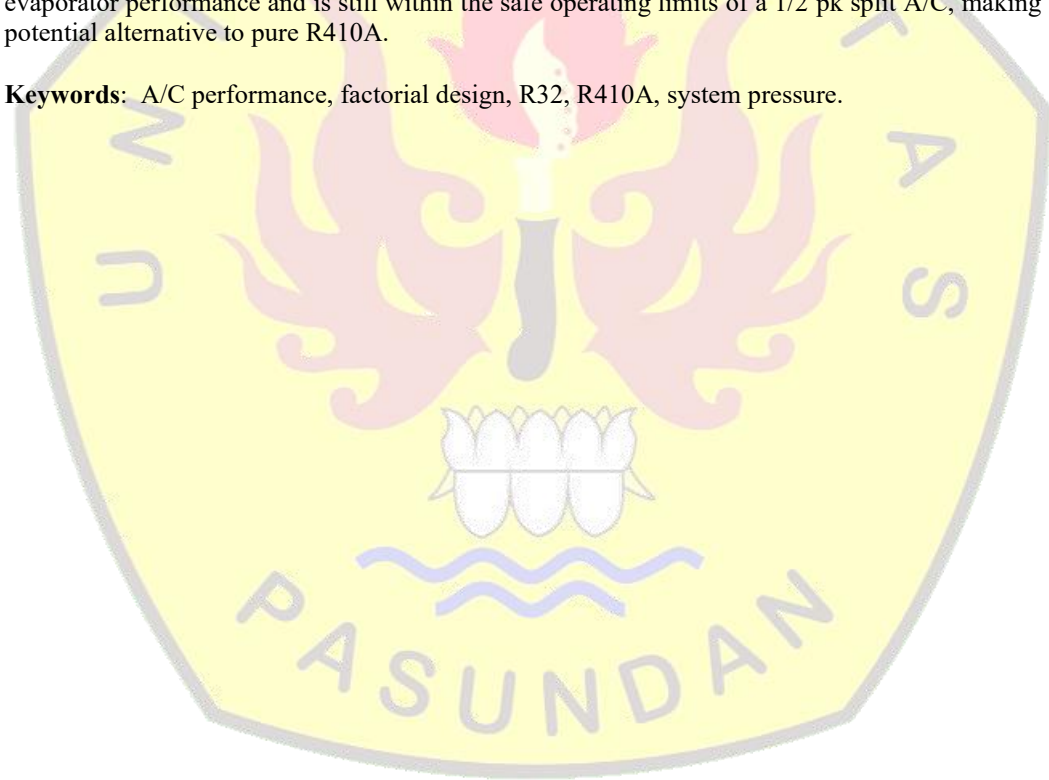
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja sistem refrigerasi pada *A/C split* 1/2 pk berbasis R410A dengan penggunaan 10% R32 dan 90% R410A serta 30% R32 dan 70% R410A. Latar belakang penelitian ini didasari oleh perubahan klasifikasi yang menyebabkan faktor keterbakaran R32 sebelumnya A2 menjadi A2L, hal ini menyebabkan penggunaan sistem yang menggunakan R410A menjadi *e-waste*, untuk mengurangi hal tersebut dilakukanlah pencampuran refrigeran. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimen dengan desain faktorial untuk mengevaluasi pengaruh tiga variabel *input*, yaitu komposisi refrigeran (0%, 10% dan 40% R32), massa refrigeran (378 gram dan 420 gram), serta temperatur target (18°C dan 20°C). Parameter yang dianalisis meliputi temperatur evaporator, temperatur kondensor, tekanan kerja sistem sisi tinggi dan sisi rendah, serta konsumsi daya listrik. Pengujian dilakukan hingga sistem mencapai kondisi *steady* untuk memperoleh data yang stabil dan representatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa refrigeran merupakan faktor paling dominan yang memengaruhi daya listrik sebesar 3,053 watt dengan rata-rata ketidakpastian <1%, temperatur masuk evaporator 2,828°C dengan rata-rata ketidakpastian ~3%, temperatur keluar evaporator -0,928°C dengan rata-rata ketidakpastian ~1%, temperatur masuk kondensor -5,725°C dengan rata-rata ketidakpastian ~4%, temperatur keluar kondensor 0,593°C dengan rata-rata ketidakpastian <1%, tekanan masuk kondensor 1,12 bar dengan rata-rata ketidakpastian <1% serta tekanan masuk evaporator 0,87 bar dengan rata-rata ketidakpastian <1%. Secara keseluruhan, 40% R32 dan 60% R410A menunjukkan penurunan kinerja evaporator namun masih berada dalam batas operasi aman sistem *A/C split* 1/2 PK, sehingga berpotensi menjadi alternatif yang dapat digunakan dibandingkan penggunaan R410A murni.

Kata kunci: desain faktorial, performa *A/C*, R32, R410A, tekanan kerja.

ABSTRACT

This study aims to analyze and compare the performance of the refrigeration system in R410A-based 1/2 pk split air conditioners with the use of 10% R32 and 90% R410A with 40% R32 and 60% R410A. The background of this study is based on the classification addendum that made R32 A2 flammability into A2L, this addendum may cause refrigeration system that used R410A-based turned into e-waste; To reduce such potential it is necessary to blend a refrigerant. The research method used an experimental approach with a factorial design of to evaluate the influence of three input variables, namely refrigerant composition (0%, 10% and 40% R32), refrigerant mass (378 gram and 420 gram), and target temperature (18°C and 20°C). The parameters analyzed included evaporator temperature, condenser temperature, high side and low side system pressure, as well as electrical power consumption. The test is carried out until the system reaches a steady state to obtain stable and representative data. The results show that the refrigerant mass is the most dominant factor that affects 3.053-watt with <1% uncertainty, evaporator inlet temperature 2.828°C with ~3% uncertainty, evaporator outlet temperature -0.928°C with ~1% uncertainty, condenser inlet temperature -5.725°C with ~4% uncertainty, condenser outlet temperature 0,593°C with <1% uncertainty, condenser inlet pressure 1.12 bar with <1% uncertainty and evaporator inlet pressure 0.87 bar with <1% uncertainty. Overall, the 40% R32 and 60% R410A blend shows decreasing evaporator performance and is still within the safe operating limits of a 1/2 pk split A/C, making it potential alternative to pure R410A.

Keywords: A/C performance, factorial design, R32, R410A, system pressure.



BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

R410A merupakan refrigeran *HFC* yang digunakan pada sistem refrigerasi. Refrigeran tersebut merupakan paduan dari 50% R32 dan 50% R125. Paduan ini dibuat karena pada saat itu R32 diberi tingkat klasifikasi A2 sehingga tidak digunakan pada lingkungan perumahan [1]. Angka pada klasifikasi tersebut merupakan tingkat keterbakaran refrigeran yang digunakan dari kelas 1 yang tidak terpicu oleh api, sedangkan kelas 2 dan 3 dapat terbakar.

Sekitar tahun 2010 *ASHRAE* merevisi klasifikasi dengan menambahkan kelas 2L dengan persyaratan keterbakaran rendah, hal ini menyebabkan R32 terklasifikasi sebagai refrigeran A2L [2]. Saat ini, penggunaan R32 pada lingkungan perumahan umum digunakan karena tidak perlu mencampur refrigeran. Hal ini menyebabkan sistem refrigerasi yang masih menggunakan R410A tidak seefisien sistem refrigerasi R32. Dampak dari hal tersebut yaitu bertambahnya *e-waste* dari sistem refrigerasi tersebut. Salah satu cara untuk menyelamatkan sistem R410A yang masih berfungsi adalah dengan eksperimentasi pencampuran refrigeran. Eksperimentasi ini bertujuan untuk mengetahui dampak yang terjadi jika sebuah R32 dicampurkan dengan R410A jika digunakan pada sistem refrigerasi R410A.

2. Rumusan masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat sebuah pertanyaan sebagai berikut:

- Bagaimana pengaruh komposisi refrigeran, temperatur target dan massa refrigeran terhadap kinerja sistem *A/C splitwall* 1/2 pk?
- Apakah pengaruh komposisi refrigeran, temperatur target dan massa refrigeran dapat mempengaruhi daya, tekanan dan temperatur refrigeran?

3. Tujuan

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis perubahan kinerja *A/C* saat menggunakan campuran refrigeran R32 dan R410A.

4. Manfaat

Manfaat yang didapatkan setelah melaksanakan penelitian yaitu:

- a. Memberikan wawasan baru tentang penggunaan refrigeran campuran sebagai alternatif dan ramah lingkungan.
- b. Menyediakan data eksperimental untuk mendukung kebijakan efisiensi energi di bidang *HVAC*.
- c. Berkontribusi terhadap pengembangan teknologi pendinginan yang lebih berkelanjutan.

5. Lingkup masalah

Lingkup masalah yang diambil dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Penelitian dilakukan pada satu unit *A/C splitwall* 1/2 pk berbasis R410A.
- b. Refrigeran yang diuji menggunakan R410A murni, 10% R32 dan 90% R410A serta 40% R32 dan 60% R410A.
- c. Variabel yang diamati hanya konsumsi daya listrik, temperatur masuk dan keluar evaporator dan kondensor serta tekanan masuk evaporator dan kondensor.
- d. Tidak dilakukan perhitungan entalpi, laju aliran masa refrigeran, kapasitas pendinginan maupun *COP*.

6. Sistematika penulisan

Sistematika penulisan pada skripsi ini terdiri dari lima bab, daftar pustaka serta lampiran. Detail sistematika penulisan sebagai berikut:

- **BAB I PENDAHULUAN**

Bab I berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, lingkup masalah dan sistematika penulisan.

- **BAB II STUDI LITERATUR**

Bab II berisi tentang kumpulan penelitian yang terdapat pada jurnal dan berisi tentang informasi yang berkaitan tentang perbandingan kerja sistem campuran refrigeran.

- **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab III berisi tentang tahapan penelitian, tempat penelitian, variabel eksperimen yang ditekankan, konfigurasi eksperimen, peralatan dan bahan serta prosedur pengujian.

- **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab IV berisi tentang data hasil pengujian kinerja sistem *A/C splitwall* 1/2 pk yang telah dilakukan. Bab ini membahas pengolahan data yang digunakan untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada kinerja sistem *A/C splitwall* 1/2 pk.

- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

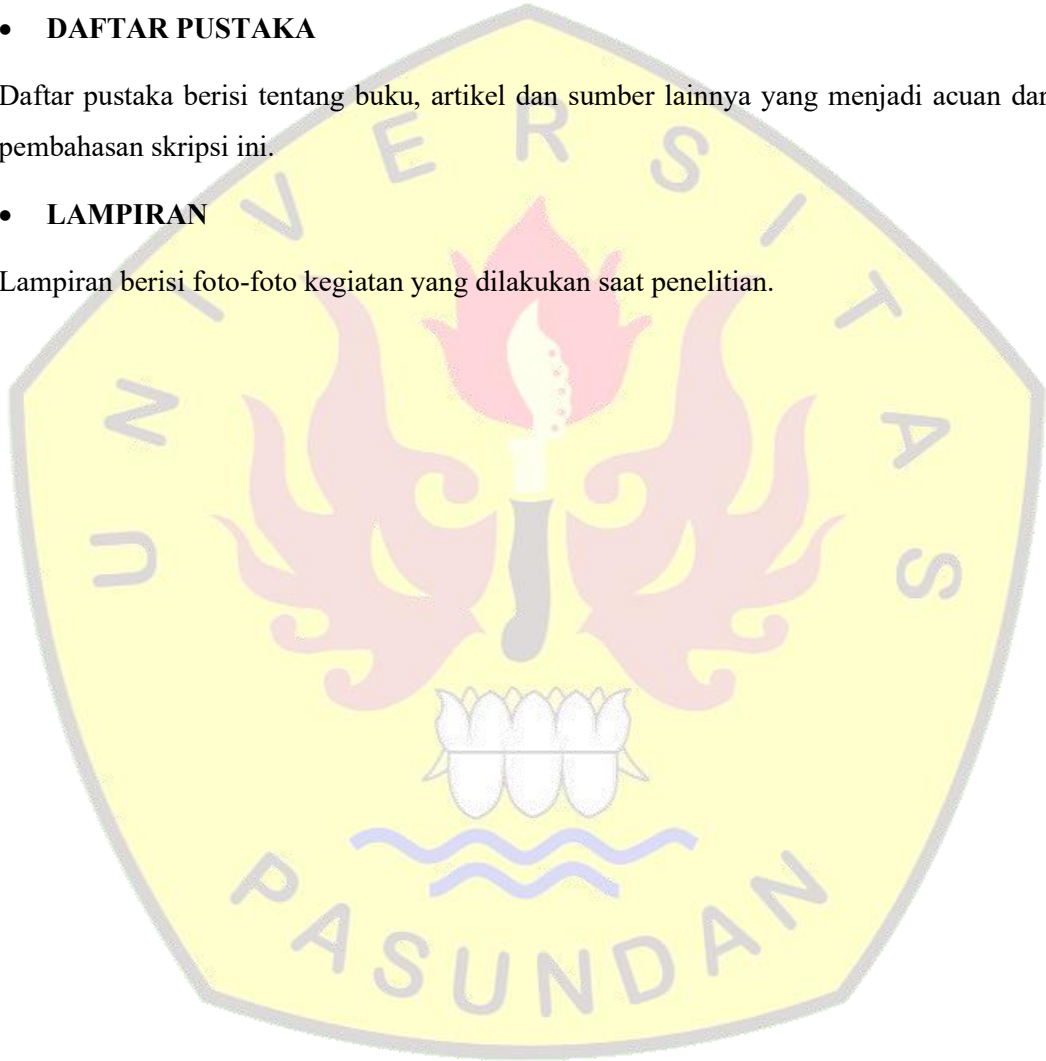
Bab V berisi tentang kesimpulan dan saran terhadap pengujian yang telah dilakukan.

- **DAFTAR PUSTAKA**

Daftar pustaka berisi tentang buku, artikel dan sumber lainnya yang menjadi acuan dari pembahasan skripsi ini.

- **LAMPIRAN**

Lampiran berisi foto-foto kegiatan yang dilakukan saat penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] ANSI/ASHRAE Standard 34-2007, *Designation and Safety Classification of Refrigerants*. Atlanta, GA: ASHRAE Standard, 2007.
- [2] ANSI/ASHRAE Standard 34-2007, *Addendum ak to Standard 34-2007, Designation and Safety Classification of Refrigerants*, no. 34-2001. Atlanta, GA: ASHRAE Standard, 2010.
- [3] A. Cletus and O. E. Ediba, "Effect of refrigerants blend on the performance of a refrigeration system," *International Journal of Research Publication and Reviews*, vol. 5, no. 5, pp. 1898–1907, May 2024, doi: 10.55248/gengpi.
- [4] K. A. Joudi and Q. R. Al-Amir, "Experimental assessment of residential split type air-conditioning systems using alternative refrigerants to R-22 at high ambient temperatures," *Energy Convers. Manag.*, vol. 86, no. 1, pp. 496–506, Oct. 2014, doi: 10.1016/j.enconman.2014.05.036.
- [5] Amrulah, Z. Djafar, and W. H. Piarah, "Analisa kinerja mesin refrigerasi rumah tangga dengan variasi refrigeran," *Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 3, no. 2, pp. 7–11, Sep. 2017, doi: 10.31884/jtt.v3i2.55.
- [6] Q. Tian *et al.*, "An experimental investigation of refrigerant mixture R32/R290 as drop-in replacement for HFC410A in household air conditioners," *International Journal of Refrigeration*, vol. 57, no. 1, pp. 216–228, Sep. 2015, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2015.05.005.
- [7] Widodo, B. F. T. Kiono, S. H. Winoto, and M. S. K. T. S. Utomo, "A simulation of R32 refrigerant mixing with R1270 to reduce GWP R410A on wall mounted air conditioning," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1098, no. 6, pp. 1–7, Mar. 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1098/6/062111.
- [8] D. A. Nurhaniffah, W. H. Mitrakusuma, T. P. Pramudantoro, and S. Murniati, "Kajian variasi campuran R-1270 dan Isobutane sebagai pengganti R-22," *Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 12, pp. 458–463, Aug. 2021, doi: 10.35313/irwns.v12i0.
- [9] U. Prayogi and N. Al Huda, "Alternatif refrigeran pengganti R22 untuk pendingin ruangan berdasarkan keramahan lingkungan," *Hexagon*, vol. 3, no. 1, pp. 40–45, Jan. 2022, doi: 10.36761/hexagon.v3i1.

- [10] A. G. Devecioğlu, V. Oruç, and T. Taneli, "The utilizability of non-flammable R471A with low-GWP in air-conditioning systems," *Eco Cities*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, Nov. 2023, doi: 10.54517/ec.v4i1.2283.
- [11] K. Mani and V. Selladurai, "Experimental analysis of a new refrigerant mixture as drop-in replacement for CFC12 and HFC134a," *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 47, no. 11, pp. 1490–1495, Nov. 2008, doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2007.11.008.
- [12] H. Isyanto and D. Hidayat, "Monitoring sistem refrigerasi pada cold storage berbasis SCADA," *Prosiding Semnastek*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, Nov. 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/1899>
- [13] R. N. Selan and M. M. Dwinanto, "Studi kinerja dan konsumsi energi air blast freezer menggunakan refrigeran Hidrofluorokarbon dan Hidrokarbon," *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 26–34, Mar. 2021, doi: 10.21831/dinamika.v6i1.36728.
- [14] N. Mudana, Y. P. Sudarmojo, and I. G. N. Janardana, "Studi pengaruh jenis refrigerant terhadap pemakaian daya listrik pada mesin pengkondisian udara (AC)," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 5, no. 1, pp. 146–150, Jun. 2018, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2018.v05.i01.p21.
- [15] B. C. Purnomo and M. Setiyo, "Karakteristik sistem refrigerasi kompresi uap dengan refrigerant campuran Musicoool 134 - CO₂," *J. Teknol.*, vol. 9, no. 2, pp. 57–64, Jun. 2017, doi: 10.24853/jurtek.9.2.57-64.
- [16] F. A. Pratama, W. H. Mitrakusuma, M. A. Falahuddin, and W. S. Ayu, "Kajian kinerja sistem refrigerasi menggunakan refrigeran R32, R22 & R1270 menggunakan REFPROP," *Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 12, pp. 472–477, Aug. 2021, doi: 10.35313/irwns.v12i0.
- [17] S. Subagio and P. Sundari, "Analisis pengaruh retrofit refrigeran R407C ke R450A mesin pendingin HVAC pada instalasi lepas pantai," *Jurnal Sosial dan Teknologi*, vol. 5, no. 5, pp. 1383–1399, May 2025, doi: 10.59188/jurnalsostech.v5i5.32135.
- [18] F. H. Anshor, B. F. T. Kiono, and K. Rozi, "Analisis pengujian eksperimental refrigeran campuran R290/R32 sebagai refrigeran drop-in substitute R410A untuk AC rumah tangga," Semarang, Mar. 2022. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/359521176_ANALISIS_PENGUJIAN_

EKSPERIMENTAL_REFRIGERAN_CAMPURAN_R290R32_SEBAGAI_REF
RIGERAN_DROP-IN_SUBTITUTE_R410A_UNTUK_AC_RUMAH_TANGGA

- [19] S. Raharjo, *Efisiensi Penggunaan Refrigerant Pada Mesin Pengkondisian Udara Split*. Universitas Diponegoro Semarang, 2020. [Online]. Available: <http://repository.unimus.ac.id/id/eprint/3637>
- [20] Bintang Plasma, “Komponen dan cara kerja AC split yang pengguna wajib tahu.” [Online]. Available: <https://bintangplasma.com/wajib-diketahui-inilah-komponen-dan-cara-kerja-ac-split>
- [21] P. Hidayati, “Pengaruh setting temperatur terhadap kinerja AC split,” Bandung, 2011. [Online]. Available: https://www.academia.edu/4285619/PENGARUH_SETTING_TEMPERATUR_TERHADAP_KINERJA_AC_SPLITIndonesia_dengan_Iklim_Tropis
- [22] Y. A. Çengel and M. A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 5th ed. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2005.
- [23] ASHRAE Handbook, *Fundamentals*. Atlanta, GA: ASHRAE Handbook, 2021.
- [24] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman, and A. S. Lavine, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 6th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- [25] S. Kakaç, H. Liu, and A. Pramuanjaroenkij, *Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design*, 4th ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2020.
- [26] M. M. Dwinanto, “Simulasi kinerja AC split menggunakan R32, R410A, R290, dan R1234YF,” *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, vol. 10, no. 01, pp. 62–68, 2023, doi: 10.35508/ljtmu.v10i01.14245.
- [27] L. S. Candela and W. Grummy, “Peningkatan COP (coefficient of performance) sistem AC mobil dengan menggunakan air kondensasi,” *Journal Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 162–171, Jan. 2014, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/6536>
- [28] Mutaufiq, H. Sulisty, E. T. Berman, and A. Wiyono, “Investigasi eksperimental retrofit refrigeran pada alat praktik refrigerator dengan refrigeran produk domestik yang ramah lingkungan,” *FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta*, vol. 5, no. 2, pp. 51–56, Oct. 2019, doi: 10.36055/fwl.v1i1.6454.

- [29] G. J. M. Velders, S. O. Andersen, J. S. Daniel, D. W. Fahey, and M. Mcfarland, "The importance of the Montreal Protocol in protecting climate," *PNAS*, vol. 104, no. 12, pp. 4814–4819, Mar. 2007, doi: 10.1073/pnas.0610328104.
- [30] V. Sharma, B. Fricke, P. Cheekatamarla, O. Abdelaziz, and V. Baxter, "Refrigerants for a sustainable future," *Encyclopedia*, vol. 5, no. 1, pp. 1–22, Mar. 2025, doi: 10.3390/encyclopedia5010005.
- [31] Z. Zhaohui and W. Ruonan, "Climate-safe refrigerants," Tokyo, 1413, Oct. 2023. doi: 10.56506/CXBX8385.
- [32] M. Farooq *et al.*, "Thermodynamic performance analysis of hydrofluoroolefins (HFO) refrigerants in commercial air-conditioning systems for sustainable environment," *Processes*, vol. 8, no. 2, pp. 1–24, Feb. 2020, doi: 10.3390/pr8020187.
- [33] R. J. Dossat and T. J. Horan, *Principles of Refrigeration*, 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2002.
- [34] Google LLC, "Universitas Pasundan - Google Maps." [Online]. Available: <https://www.google.com/maps>
- [35] Waveshare, "USB to RS485 - Waveshare wiki." [Online]. Available: https://www.waveshare.com/wiki/USB_TO_RS485
- [36] Waveshare, "Modbus RTU analog input 8CH - Waveshare wiki." [Online]. Available: https://www.waveshare.com/wiki/Modbus_RTU_Analog_Input_8CH
- [37] Jaron Wolff Process Controls, "Wolff 4-20mA DIN-A 1/4" NPT calibratable transmitter — Jaron Wolff Process Controls." [Online]. Available: <https://jaronwolff.com/products/wtp-1gaq>
- [38] Omicron Sensing LLC, "T248R: universal head mounted temperature transmitter - Omicron Sensing LLC." [Online]. Available: <https://www.omicron-sensing.com/en/product/t248r-universal-head-mounted-temperature-transmitter/>
- [39] MISUMI Corporation, "RS-35-12 | switching power supply 15~150W mini watt multi-output enclosed type, RS series | MEAN WELL | MISUMI Indonesia." [Online]. Available: <https://id.misumi-ec.com/vona2/detail/222005621112>
- [40] EvertDekker.com, "PZEM-016 energy monitor - EvertDekker.com." [Online]. Available: <https://evertdekker.com/wp/?p=1307>

- [41] H. Sonawan and J. Hakkiki, "Performances and economics of heat pump water heater," *International Journal of Energy for a Clean Environment*, vol. 22, no. 5, pp. 51–64, 2021, doi: 10.1615/InterJEnerCleanEnv.2021035197.

