TESIS

STUDI KINERJA SISTEM REFRIGERASI UNTUK PEMANASAN AIR MENGGUNAKAN REFRIGERAN CAMPURAN R-410 DAN R-32

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik Mesin

Oleh :
BUDI SANTOSA
NPM. 228070009



MAGISTER TEKNIK MESIN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PASUNDAN BANDUNG
TAHUN 2026

`

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Thesis ini yang berjudul "Studi Kinerja Sistem Refrigerasi Untuk Pemanasan Air Menggunakan Campuran Refrigeran R-410 dan R-32" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Magister Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Pasca Sarjana, Universitas Pasundan (UNPAS), Bandung.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Thesis ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Ir, Muki Satya Permana, M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Thesis ini. Sekaligus Sekretaris Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pasundan Bandung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Heri Sonawan, M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Thesis ini.
3. Bapak Dr. Ir, Bapak Endang Achdi, ,. M.T, selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Thesis ini..
4. Bapak Dr. Ir. Dedi Lazuardi, DEA, Selaku Dosen yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Thesis ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pasundan.
5. Bapak Dr. Ir. Bambang Ariantara, MT selaku Ketua Prodi Magister Teknik Mesin, Universitas Pasundan.
6. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, MT selaku Ketua Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin dan Magister, Universitas Pasundan yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
8. Orang tua penulis: Alm Djaimin Atmoredjo dan Siti Sundari, yang telah membesarkan dan pembimbing kehidupan penulis.
9. Keluarga Penulis, Istri ku Winny , Anak Anak Gibran , Ghazni, Kapten (Inf)

`

Aprian, yang selalu mendukung dan mendoakan penulis.

10. Rekan rekan dan Pimpinan Kerja Grup Centenial , Div 54, 55, atas pengertiannya memberikan waktu Penulis selama ini untuk mengikuti perkuliahan di Pasca Sarjana Universitas Pasundan Bandung
11. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Pasca Sarjana Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.
12. Sahabat-sahabat penulis dalam Penelitian ini : Irfan, Fahmi, Mas Tono, Para Teknisi Lab Fenomena dasar , dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Thesis ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Thesis ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Bandung, 31 Maret 2026



Budi Santosa

`

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....I

LEMBAR PERNYATAAN.....II

KATA PENGANTAR.....III

DAFTAR ISI.....V

DAFTAR GAMBAR.....X

DAFTAR TABEL.....XII

ABSTRAK.....XIII

ABSTRACT.....XIV

BAB I PENDAHULUAN.....1

1.1 Latar belakang.....1

1.2 Rumusan masalah.....1

1.3 Tujuan.....1

1.4 Manfaat.....1

1.5 Batasan masalah.....2

BAB II STUDI LITERATUR.....3

2.1 Literatur terdahulu.....3

2.1.1 Studi eksperimental mengenai campuran R-32/R-290 sebagai alternatif pengganti refrigeran R-32 pada Sistem AC split rumah tangga.....3

2.1.2 Alternatif refrigeran pengganti R22 untuk sistem pendingin ruangan yang ramah lingkungan.....3

2.1.3 Karakteristik sistem refrigerasi kompresi uap yang memanfaatkan campuran refrigeran musicool 134 dan CO_2.....3

2.1.4 Evaluasi performa dan penggunaan energi pada *air blast freezer* yang menggunakan refrigeran jenis hidrofluorokarbon dan hidrokarbon.....4

2.1.5 Studi mengenai variasi campuran R-1270 dan isobutana sebagai alternatif pengganti R-22.....4

`

2.1.6 Analisis Termodinamika dalam pemilihan refrigeran pada sistem refrigerasi bertingkat (*cascade*).....4

2.1.7 M5-019 Analisa model dan *experimental* set up sistem refrigerasi *cascade* dengan campuran karbondioksida dan ethane Sebagai refrigeran temperatur rendah ramah lingkungan.....5

2.1.8 Analisis kinerja sistem refrigerasi dengan menggunakan refrigeran R32, R22, dan R1270 melalui simulasi REFPROP.....5

2.1.9 Analisis kinerja sistem refrigerasi dengan menggunakan refrigeran R32, R22, dan R1270 melalui simulasi REFPROP.....5

2.1.10 Potensi penggunaan campuran refrigeran hidrokarbon pada *cooling box* bersuhu sangat rendah dengan sistem refrigerasi joule–thomson.....5

2.1.11 Analisis pengujian eksperimental refrigerant campuran R290/R32 sebagai refrigeran *drop in substitute* R410a untuk AC rumah tangga.....6

2.1.12 Analisis pengaruh penggantian refrigeran CFC-12 dengan HCR-12 terhadap kinerja dan perawatan refrigerator rumah tangga.....6

2.1.13 Studi eksperimental mengenai pengaruh penggunaan refrigeran R22, R134a, serta campuran propana–isobutana terhadap performa sistem pendingin udara…..6

2.1.14 Analisis perilaku termal pada kondensor lemari es dengan variasi campuran refrigeran R290/R600a berbasis R134a.....6

2.1.15 Studi literatur perbandingan AC inventer R32 Dan R410a dengan R1270 Serta pengaruh pada lingkungan.....7

2.1.16 Studi literatur perbandingan AC inventer R32 dan R410a dengan R1270 serta pengaruh pada lingkungan.....7

2.1.17 Analisa perbandingan suhu dan arus *air conditioner* menggunakan refrigeran R32 dengan R410a.....7

2.2 Sistem refrigerasi.....7

2.2.1 Komponen utama AC (kompresor, kondensor, evaporator, katup ekspansi). 8

2.2.2 Prinsip atau cara kerja AC splitwall.....9

2.2.3 Siklus refrigerasi kompresi uap.....10

2.3 Perpindahan panas pada evaporator.....11

2.3.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi termal.....12

2.4 Jenis-jenis refrigeran.....13

`
2.4.1 Refrigeran Klorofluorokarbon (CFC).....13
2.4.2 Refrigeran Hidroklorofluorokarbon (HCFC).....13
2.4.3 Refrigeran Hidrofluorokarbon (HFC).....14
2.4.4 Refrigeran Hidrofluoro-Olefin (HFO).....14
2.5 Karakteristik refrigeran.....14
2.5.1 Karakteristik Refrigeran CFC.....14
2.5.2 Karakteristik Refrigeran HCFC.....15
2.5.3 Karakteristik Refrigeran HFC.....15
2.5.4 Karakteristik Refrigeran Hidrofluoro-Olefin (HFO).....16
2.6 Pencampuran refrigeran.....16
2.6.1 Jenis campuran refrigeran.....16
2.7 Performa sistem pendingin.....17
BAB III METODOLOGI.....18
3.1 Diagaram Alur penelitian.....18
3.2 Metode Penelitian.....19
3.2.1 Tempat.....19
3.2.2 Waktu Penelitian.....19
3.3 Alat.....20
3.3.1 Gunting potong.....20
3.3.2 Meteran.....20
3.3.3 Alat Las.....21
3.3.4 Tang.....21
3.3.5 Indoor AC Split.....22
3.3.6 Unit Outdoor AC Split.....22
3.3.7 *Pipe Cutter* (Pemotong Pipa).....23
3.3.8 Flaring Tool.....23
3.3.9 Sensor Suhu.....23
3.3.10 Sensor Tekanan.....24

`

3.3.11 Kunci Pas.....25

3.3.12 Nepel.....25

3.3.13 Kunci L.....25

3.3.14 Manifold Gauge.....26

3.3.15 Modbus RTU.....26

3.4 Prosedur penelitian.....27

3.4.1 Pembuatan Heat Exchanger (APK) *tipe Helical Coil*.....27

3.5 Proses Pengujian *ACWH (Air Conditioning Water Heater)*.....28

3.5.1 Bahan yang Digunakan.....32

3.5.2 Alat Pengujian.....33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....35

4.1 Umum.....35

4.2 Analisis ketidakpastian.....35

4.2.1 Sumber ketidakpastian.....35

4.2.2 Metode perhitungan ketidakpastian.....36

4.3 Perhitungan dan Pembahasan.....37

4.3.1 Desain Experimen.....38

4.3.2 Data Hasil Pengujian.....38

4.3.3 Analisis Desain faktorial.....39

4.3.4 Pengaruh Komposisi Refrigeran.....40

4.3.5 Pengaruh Temperatur Evaporator.....40

4.3.6 Pengaruh Volume Air.....41

4.3.7 Analisis Coefficient of Performance (COP).....41

4.3.8 Analisis Keseluruhan Sistem.....42

4.3.9 Diskusi.....42

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....43

5.1 Kesimpulan.....43

5.2 Saran.....43

`

DAFTAR PUSTAKA.....44

LAMPIRAN.....47

`

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kompresor Mesin Pendingin[18] 8
Gambar 2.2 Kondensor[18] 8
Gambar 2.3 Evaporator[18] 9
Gambar 2.4 Pipa Kapiler[18] 9
Gambar 2.5 Siklus Refrigerasi[18] 10
Gambar 2.6 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap[19] 10
Gambar 3.1 Diagram Alir 18
Gambar 3.2 Gunting Potong 20
Gambar 3.3 Meteran 20
Gambar 3.4 Alat Las 21
Gambar 3.5 Tang 21
Gambar 3.6 Unit Indoor 22
Gambar 3.7 Unit Outdoor 22
Gambar 3.8 Pipe Cutter..... 23
Gambar 3.9 Flaring Tool..... 23
Gambar 3.10 Sensor Suhu..... 24
Gambar 3.11 Pressure Transmitter (sensor tekanan) 24
Gambar 3.12 Kunci Pas 25
Gambar 3.13 Nepel 25
Gambar 3.14 Kunci L 25
Gambar 3.15 Manifold Gauge 26
Gambar 3.16 Modbus RTU..... 26
Gambar 3.17 Lilitan Tembaga 27
Gambar 3.18 Pengelasan Helical Coil 28
Gambar 3.19 Helical Coil yang Telah Terpasang pada Heat Exchanger dan Sistem 28
Gambar 3.20 Pengisian Freon..... 29
Gambar 3.21 Pengisian Air..... 30
Gambar 3.22 Pengambilan Data Hasil Output Modbus RTU..... 30
Gambar 3.23 Pengkabelan dan Power Supply 31
Gambar 3.24 Seting Peralatan dan Instrumen Outdoor 31
Gambar 3.25 Setting Peralatan dan Instrumen Indoor 31
Gambar 3.26 Pipa Tembaga..... 32

`

Gambar 3.27 Kawat Las Tembaga..... 32
Gambar 3.28 Freon (R410A) 33
Gambar 3.29 Freon (R32) 33
Gambar 3.30 Set Up Pengujian..... 34

`

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis-jenis Refrigeran CFC[28] 14
Tabel 2.2 Jenis-jenis Refrigeran HCFC[29] 15
Tabel 2.3 Jenis-jenis Refrigeran HFC[30] 15
Tabel 2.4 Jenis-jenis Refrigeran HFO[31] 16
Tabel 3.1 Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian 19
Tabel 4.1 Variabel Input dan Level 38
Tabel 4.2 Rancangan Eksperimen..... 38
Tabel 4.3 Hasil Ketidakpastian 39
Tabel 4.4 Analisis Desain Faktorian Faktor Tunggal dan Interaksi..... 39

`

ABSTRAK

Pemanfaatan air conditioner untuk memanaskan air untuk berbagai keperluan saat ini merupakan hal yang umum dan semakin meningkat. Pada gedung-gedung perkantoran, rumah sakit maupun rumah tangga juga sudah umum mengunakan sistem ini. Tujuannya adalah agar listrik yang dipergunakan efisien. Untuk mengurangi konsumsi listrik yang cukup tinggi, akibat penggunaan air conditioner (AC) sekaligus pemanas air, dapat digunakan sistem ACWH (Air Conditioner Water Heater). Cara kerja sistem ACWH ini adalah memanfaatkan panas yang terbuang dari sistem AC dalam hal ini penambahan pipa refrigeran untuk memanaskan air dalam bentuk alat penukar kalor, dimana alat penukar kalor dirancang untuk memanfaatkan energi yang sudah ada didalam sistem. Dengan demikian, pada saat menggunakan sistem ACWH ini sangat menguntungkan bagi penggunanya karena mendapatkan dua keuntungan sekaligus, yaitu pendinginan ruangan dan pemanasan air serta menghemat energi. Sementara rumusan masalah pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas alat penukar kalor dengan mencampurkan refrigerant dalam sistem untuk memanaskan air. Dalam penelitian ini refigeran yang dicampurkan adalah R-410 dengan R-32. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental dengan melakukan pengujian pada temperature AC (evaporator) 18℃, dan 22℃ , dengan volume tangki air yang dipanaskan 20 liter dan 40 liter. Volume Refigeran yg di masukan kedalam system R-410 100 % dan campuran (R410 70% , R-32 30%). Tempat pelaksanaan penelitian ini dilakukan di laboratorium prestasi mesin Universitas Pasundan Bandung. Pengujian ini dilakukan pada temperatur lingkungan 20-22 °C dengan RH 65-70 % pada Jam 16.00 sd 19.00. Adapun sumber data yang digunakan yaitu data yang dihasilkan dan diambil saat pengujian mesin ACWH ini dengan kapasitas kompresor ½ PK . Hasil pengujian menunjukan bahwa temperatur air tertinggi pada tangki penukar kalor didapat pada komposisi R-410 100% , volume air 40 liter dan setting evaporator 18°C. Untuk COP tertinggi sistem didapat dari komposisi refrigerant campuran (R410 70%, R32 30%), volume air 40 liter dan setting temperatur evaporator 22°C. Kesimpulan umum dari hasil pengujian ini menunjukan bahwa untuk menaikkan temperatur air maksimal diperoleh dari komposisi R410 murni (100 %) sementara jika ingin mencapai COP maksimal diperoleh dari komposisi refrigeran campuran (R-410 70% dan R-32 30%).

Kata kunci: Alat Penukar Kalor, ACWH, Temperatur Air, Performa Sistem ACWH (COP)

`

ABSTRACT

The use of air conditioners to heat water for various purposes is now common and increasingly popular. This system is commonly used in office buildings, hospitals and households. The aim is to use electricity efficiently. To reduce the high electricity consumption resulting from the use of air conditioners (AC) and water heaters, an ACWH (Air Conditioner Water Heater) system can be used. The ACWH system works by utilizing the heat wasted from the AC system, in this case by adding refrigerant pipes to heat water in the form of a heat exchanger, which is designed to utilize the energy already present in the system. Thus, using the ACWH system is very beneficial for users because they get two benefits at once, namely room cooling and water heating, as well as energy savings. Meanwhile, the research question in this study is to determine the effectiveness of a heat exchanger by mixing refrigerant in the system to heat water. In this study, the refrigerants mixed were R-410 and R-32. This study used an experimental research method by conducting tests at AC (evaporator) temperatures of 18℃ and 22℃, with heated water tank volumes of 20 liters and 40 liters. The volume of refrigerant introduced into the system was 100% R-410 and a mixture (70% R-410, 30% R-32). This research was conducted at the machine performance laboratory of Pasundan University in Bandung. This test was conducted at an ambient temperature of 20-22 °C with RH 65-70% from 16.00 to 19.00. The data source used was data generated and collected during testing of this ACWH machine with a compressor capacity of ½ HP. The test results show that the highest water temperature in the heat exchanger tank is obtained at 100% R-410 composition, 40 liters of water volume and evaporator setting of 18°C. For the highest COP of the system is obtained from the mixed refrigerant composition (R410 70%, R32 30%), 40 liters of water volume and evaporator temperature setting of 22°C. The general conclusion from the results of this test shows that to increase the maximum water temperature is obtained from the pure R410 composition (100%), while if you want to achieve the maximum COP, it is obtained from the mixed refrigerant composition (R-410 70% and R-32 30%).

Kata kunci: Heat Exhanger, ACWH, Water Temperature, Performa Sistem ACWH (by COP). .

`

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

1. Pemanfaatan Kalor Refrigeran Unit Outdoor Sistem Refrigerasi untuk Pemanas Air (Heat Exchanger Tipe Spiral/ Helical)
2. Kajian Pencampuran Refrigeran R410 dan R32
3. Kajian Kinerja sistem Refigerasi R410 dan R32

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana pengaruh campuran refrigeran R32 dan R410A terhadap kinerja sistem ACWH (Air Conditioning Water Heater) AC Daikin 1/2 PK ?
2. Faktor apa yang paling berpengaruh untuk menaikkan temperatur air dalam tangki Penukar Kalor ?
3. Faktor apa yang paling berpengaruh untuk memperoleh COP (Coefficient of Performance) tertinggi ?

1.3 Tujuan

1. Melakukan penelitian pemanfaatan Outdoor AC untuk pemanas air dengan penambahan Heat Exchanger.
2. Melakukan penelitian dengan menguji kinerja sistem Refrigerasi dengan mencampurkan Refrigeran R 410 dan R 32.

1.4 Manfaat

1. Mengetahui kinerja sistem dengan menghitung Coefficient of Performance (COP) dengan variasi Refrigeran dan Volume Air
2. Mengetahui Temperatur Air Panas Efektif yang dihasilkan pada berbagai setting suhu yg direncanakan pada Evaporator dengan Variasi Refrigeran

`

1.5 Batasan masalah

1. Kapasitas AC yang digunakan ½ PK
2. Refrigeran yang digunakan R410 dan R32
3. Volume Refrigeran yang dicampurkan 70%R410 dan 30%R32 dan 100% R410
4. Volume Air (Water) Heat Exchanger yang di uji 20 dan 40 Liter
5. Pengujian - Setting Temperatur Evaporator 18°C dan 22°C
6. Waktu Pengujian selama 60 menit

`

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Volume Air (C) menjadi faktor paling berpengaruh dalam menaikkan temperature Air dalam Heat Exchanger.
2. Interaksi Komposisi Refrigeran dan Temperatur Setting adalah Faktor Paling berpengaruh dalam menaikkan Temperatur Air dalam Heat Exchanger
3. Refrigerant R410 100% (Murni) menghasilkan Temperatur Air dalam Heat Exchanger Lebih besar dari Refrigeran Campuran (R410 70% dan R32 30%)
4. COP (Coefficient of Performance) Komposisi Refrigeran campuran (R-410 70% dan R-32 30%) lebih baik dari komposisi Refrigeran Murni 100% R-410

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya adalah:

1. Para Peneliti dapat melakukan experiment dengan komposisi Refrigeran campuran yang berbeda
2. Kemungkinan Akan lebih baik jika Tangki Heat Exchanger di Isolasi dengan material Insulasi agar temperature Air yang dihasilkan dan Perpindahan Panas lebih Optimal.
3. Menggunakan Peralatan Instrumen yang lebih terstandarisari dan kualitas lebih baik akan menghasilkan data data percobaan yang lebih Optimal

`

DAFTAR PUSTAKA

[1] Heri Sonawan, Januar Hakkiki, "Performances and Economics Of Heat Pump Water Heater," *International Journal of Energy for Clean Environment*, 22(5), 51-64, 2021.

[2] I. W. Temaja, M. Ery Arsana, and L. P. Ike Midiani, "Kajian Eksperimental Campuran R-32/R-290 Pengganti Refrigeran R-32 Pada Ac Split Domestik," *Matrix*, vol. 8, no. 3, pp. 74–78, 2018, [Online]. Available: http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=842863&val=11654&title=Kajian Eksperimental Campuran R-32R-290 Pengganti Refrigeran R-32 Pada AC Split Domestik

[3] N. Al Huda and U. Prayogi, "Alternatif Refrigeran Pengganti R22 Untuk Pendingin Ruangan Berdasarkan Keramahan Lingkungan," *Hexag. J. Tek. dan Sains*, vol. 3, no. 1, pp. 40–45, 2022, doi: 10.36761/hexagon.v3i1.1349.

[4] B. C. Purnomo and M. Setiyo, "Karakteristik Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Dengan Refrigerant Campuran Musicool 134 - Co2," *J. Teknol.*, vol. 9, no. 2, p. 57, 2017, doi: 10.24853/jurtek.9.2.57-64.

[5] R. N. Selan and M. M. Dwinanto, "Studi Kinerja Dan Konsumsi Energi Air Blast Freezer," *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 6, no. April, pp. 11–12, 2021.

[6] D. A. Nurhaniffah, W. H. Mitrakusuma, T. Pangripto, and S. Murniati, "Kajian Variasi Campuran R-1270 dan Isobutane Sebagai Pengganti R-22," pp. 4–5, 2021.

[7] D. R. B. Syaka, "Analisa Thermodinamika Pemilihan Refrigerant Pada Sistem Refrigerasi Cascade," *Semin. Nas. Tah. Tek. Mesin VII …*, no. November, pp. 1–10, 2008, [Online]. Available: http://prosiding.bkstm.org/prosiding/2008/I1-022.pdf

[8] Nasruddin, M. I. Alhamid, and D. R. B. Syaka, "Analisa Model dan Experimental Setup Sistem Refrigerasi Cascade Dengan Campuran Karbondioksida dan Ethane Sebagai Refrigeran Temperatur Rendah Ramah Lingkungan," 2009.

[9] F. A. Pratama, W. H. Mitrakusuma, Muhamad Anda Falahuddin, and W. S. Ayu, "Kajian kinerja sistem refrigerasi menggunakan refrigeran R32, R22 dan R1270 menggunakan REFPROP," *Pros. 12th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 472–477, 2021.

[10] A. M. Suryatman and Sumeru, "Peluang Pemanfaatan Campuran Refrigeran Hidrokarbon Pada Cooling Box Temperatur Sangat Rendah Dengan Menggunakan Sistem Refrigerasi Joule - Thomson," *Semin. Nas. Maritim, Sains dan Teknol. Terap.*, vol. 01, no. November, pp. 157–164, 2016.

[11] * Fajar, H. Anshor, B. Fajar, K. Rozi, J. H. Soedarto, and T. +62247460059, "Analisis Pengujian Eksperimental Refrigeran Campuran R290/R32 sebagai Refrigeran Drop-In Subtitute R410A untuk AC Ruamah Tangga," no. March, pp. 0–11, 2022.

[12] I. Isnanda, Y. Rosa, E. Adril, and F. Feidihal, "Pengaruh Retrofit Refrigeran CFC-12 Dengan HCR-12 Terhadap Kinerja Refrigerator Domestik dan Perawatannya," *J. Tek. Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 55–60, 2019, doi: 10.30630/jtm.12.2.232.

[13] E. Yuniarti, Dessy Windia; Sulistiyati, Titik Dwi; Suprayitno, "No Title آب و خاک",آبهای زیرزمینی, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2013.

[14] D. Eka P, *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析 Title*, vol. 2, no. 4. 2021.

[15] I. Hambali and F. Riyadin, "Studi Literatur Perbandingan Ac Inventer R32 Dan R410a Dengan R1270 Serta Pengaruh Pada Lingkungan," vol. 2, no. 1, 2025, [Online]. Available: https://yasyahikamatzu.com/index.php/hjm/about%0Ahttps://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

[16] U. -, C. I. Cahyadi, and P. -, "Analisa Perbandngan Suhu Dan Arus Air Conditioner Menggunakan Refrigerant R32 Dengan R410a," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 1, pp. 1315–1320, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5916.

[17] S. Raharjo, *Efisiensi Penggunaan Refrigerant Pada Mesin Pengkondisian Udara Split*. 2020.

[18] B. plasma, "komponen AC spliwall." [Online]. Available: https://bintangplasma.com/wajib-diketahui-inilah-komponen-dan-cara-kerja-ac-split/.

`

[19] P. Hidayati, “Pengaruh Setting Temperatur Terhadap Kinerja Ac,” *Jur. Tek. Konversi Energi*, 2011.

[20] Y. A. Çengel and M. A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill Education.

[21] A.S.H.R.A.E., *ASHRAE Handbook: Fundamentals*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

[22] F. P. Incropera and D. P. DeWitt, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. John Wiley & Sons.

[23] S. Kakaç, H. Liu, and A. Pramuanjaroenkij, *Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design*. CRC Press.

[24] Y. Park, “Effect of Air Flow Rate on the Performance of Evaporators in Air Conditioning Systems,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 62, no. 2, pp. 592–599.

[25] M. M. Dwinanto, “Simulasi Kinerja AC Split Menggunakan R32, R410A, R290, dan R1234YF,” *LONTAR J. Tek. Mesin Undana*, vol. 10, no. 01, pp. 62–68, 2023, doi: 10.35508/ljtmu.v10i01.14245.

[26] L. S. Candela and W. Grummy, “Peningkatan Cop (Coefficient of Performance) Sistem Ac Mobil Dengan Menggunakan Air Kondensasi,” *J. Tek. Mesin*, vol. 02, no. 2, pp. 162–171, 2014.

[27] M. Mutaufiq, H. Sulistyo, E. T. Berman, and A. Wiyono, “Investigasi Eksperimental Retrofit Refrigeran Pada Alat Praktik Refrigerator Dengan Refrigeran Produk Domestik Yang Ramah Lingkungan,” *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, p. 51, 2019, doi: 10.36055/fwl.v1i1.6454.

[28] T. Jensen, M. Latimer, J. Luther, J. Mcghee, A. Noorani, and T. Penner, “Chem 300a Tyler Jensen, Mackenzie Latimer, Jessie Luther, Jake McGhee, Adeeb Noorani, Tyla Penner, & Maddy Springle”.

[29] V. Sharma, B. Fricke, P. Cheekatamarla, and O. Abdelaziz, “Refrigerants for a Sustainable Future,” pp. 1–22, 2025.

[30] A. W. Paper, “Climate-safe refrigerants,” no. 1413, 2023.

[31] M. Farooq *et al.*, “Hydrofluoroolefins (HFO) Refrigerants in Sustainable Environment,” *Processes*, vol. 8, no. 2, 2020.

[32] M. Kim, H. Kim, D. Jung, and J. Park, “Performance analysis of R32/R410A mixtures,” *Energy Procedia*, vol. 142, pp. 2481–2486,.