

EFEK BEBAN PENDINGIN TERHADAP TEMPERATUR MESIN REFRIGERASI SIKLUS KOMPRESI UAP HIBRIDA DENGAN KONDENSOR *DUMMY* TIPE *TROMBONE COIL* (1/4", 7,9 m) SEBAGAI *WATER HEATER*

Aulian Samri¹, Azridjal Aziz¹, Rahmat Iman Mainil¹ dan Afdhal Kurniawan Mainil²

¹Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293, Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu,
Jl. WR Supratman Kandang Limun, Bengkulu 38371A

E-mail : azridjal@yahoo.com

ABSTRAK

Mesin pengkondisian udara hibrida dapat memberikan solusi untuk mengatasi masalah penggunaan energi listrik yang berlebihan, dengan cara memanfaatkan panas buang kondensor yang digunakan untuk pemanas air. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan beban pendinginan terhadap temperatur pada sistem pengkondisian udara hibrida dengan kondensor *dummy* tipe *trombone coil* diameter 1/4" panjang 7,9 meter sebagai *water heater*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Penelitian ini menggunakan beban pendinginan pada ruang simulasi dengan variasi pembebanan 0 Watt, 1000 Watt, 2000 Watt, dan 3000 Watt. Berdasarkan hasil pengujian, nilai tertinggi terjadi pada pembebanan 3000 Watt. Dimana temperatur air yang dihasilkan sebesar 48,34 °C, temperatur rata-rata refrigeran hasil kompresi sebesar 62,68 °C dan temperatur ruangan rata-rata mencapai 25,94 °C saat pengoperasian selama 120 menit.

Kata kunci: mesin pengkondisian udara hibrida, kondensor *dummy*, *trombone coil*, beban pendinginan, *water heater*.

ABSTRACT

A hybrid air conditioning machine can provide a solution to overcome the problem of excessive use of electrical energy, by utilizing waste heat condenser that is used for heating water. This study was conducted to determine the effect of temperature on the cooling load of the air conditioning system, which a hybrid of the condenser *dummy trombone-type coil* diameter of 1/4 " and length of 7.9 meters as a *water heater*. The method used in this research that was experimental approach. This study used the cooling load in the simulation space with load variations of 0 Watts, 1000 watts, 2000 watts and 3000 watts. Based on test results, the highest value was occurred at 3000 Watt load. Where-in, the temperature of the water was generated at 48.34°C, the average of temperature of refrigerant compression result of 62.68°C and the average room temperature of 25.94°C, during operation for 120 minutes.

Keywords: hybrid air conditioning machines, condensers *dummy*, *trombone coil*, the cooling load, *water heater*.

PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan salah satu negara yang beriklim tropis karena terletak di garis khatulistiwa dimana iklim tropis tersebut merupakan daerah yang cukup panas. Di Indonesia juga banyak terdapat bangunan-bangunan seperti gedung perkantoran, universitas

dan bangunan rumah untuk tempat tinggal. Panas yang berasal dari matahari akan masuk ke dalam bangunan menyebabkan suhu dalam ruangan menjadi meningkat, ditambah dengan kelembaban udara yang juga semakin meningkat, membuat ruangan menjadi tidak nyaman. Seiring dengan perkembangan teknologi hingga saat ini, adapun solusi untuk mengurangi panas dalam ruangan

yaitu dengan menggunakan mesin pengkondisian udara (AC). Proses pendinginan atau refrigerasi adalah proses penyerapan panas dari suatu produk hingga temperaturnya dibawah temperatur lingkungan. Mesin refrigerasi merupakan mesin yang dapat menimbulkan efek refrigerasi tersebut, sedangkan refrigeran adalah fluida yang digunakan sebagai proses penyerapan panas (Aziz, 2006).

Salah satu dari mesin konversi energi adalah mesin refrigerasi, dimana sejumlah energi diperlukan untuk mendapatkan efek pendinginan. Di sisi lain, panas dibuang oleh sistem ke lingkungan dengan berdasarkan prinsip-prinsip termodinamika agar mesin dapat berfungsi (Aziz dan Hanif 2008).

Tanpa disadari energi yang terbuang ke lingkungan pada suatu mesin konversi energi tidak dimanfaatkan. Energi yang terbuang ke lingkungan ini bisa dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi pemakaian energi. Dengan melakukan modifikasi mesin refrigerasi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi tersebut (Aziz, 2010).

Efek pendinginan dan efek pemanasan secara bersamaan dapat dihasilkan dan dimanfaatkan pada mesin ini, agar daya guna mesin menjadi lebih tinggi. Mesin terpadu dengan fungsi ganda ini dikenal dengan mesin pengkondisian udara hibrida, karena mesin pengkondisian udara paling banyak beroperasi dengan siklus kompresi uap, maka mesin ini disebut mesin pengkondisian udara siklus kompresi uap hibrida (Amrul, 2001).

Mesin pengkondisian udara hibrida pasti mempunyai kelebihan dan kekurangan, salah satu kelebihan yang dimiliki mesin ini adalah peningkatan efisiensi energi, tetapi karena sisi-sisinya sudah dimanfaatkan maka diharapkan tidak berpengaruh di sisi yang lainnya. Sehingga mesin pengkondisian udara hibrida dilengkapi dengan komponen tambahan berupa kondensor *dummy*.

Komponen tambahan ini berupa pipa (*coil*) tembaga yang dapat dimodifikasi dalam berbagai bentuk dan ukuran. Kondensor *dummy* dipasang setelah kompresor dan sebelum kondensor yang ditempatkan di dalam wadah tangki berisi air untuk dipanaskan.

Azridjal Aziz dkk (2013) meneliti tentang *Residential Air Conditioning (RAC)* menggunakan kondensor *dummy* tipe spiral *coil*

dengan pengoperasian selama 120 menit diperoleh temperatur air panas 50,42 °C.

Ginting (2014) dan Satria (2014) meneliti mesin pengkondisian udara hibrida *water heater* menggunakan kondensor *dummy* berdiameter 3/8" tipe *helical coil* dengan temperatur air panas 61,70 °C dan *trombone coil* dengan temperatur air panas 64,33 °C selama pengoperasian 120 menit. Sarwo Fikri (2015) juga meneliti mesin pengkondisian udara hibrida *water heater* menggunakan kondensor *dummy* tipe *multi helical coil* dengan diperoleh temperatur air panas 64,77 °C. Sementara, Thalal (2015) melakukan penelitian lanjutan dari Satria (2014) dengan mengganti refrigeran sistem menjadi HCR-22 dan diperoleh temperatur air panas maksimal sebesar 48,81 °C. Kumara (2015) melakukan penelitian lanjutan dari Satria (2014) yaitu membandingkan performansi serta pengujian unjuk kerja mesin ukuran diameter *trombone coil* 1/4" dengan ukuran diameter pada penelitian sebelumnya sebesar 3/8" dengan panjang *coil* yang sama yaitu 5,3 meter. Pada penelitian yang dilakukan Kumara (2015) masih terdapat kekurangan, diantaranya temperatur air yang dihasilkan kurang panas yaitu sebesar 47,30 °C dan temperatur ruangan masih tidak sesuai yang diharapkan jika diberikan panas yang besar dalam ruangan yaitu sebesar 34,08 °C.

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari Kumara (2015) yaitu mengetahui unjuk kerja mesin pengkondisian udara hibrida dengan kondensor *dummy* tipe *trombone coil* ukuran diameter 1/4" dengan panjang 7,9 meter yang diharapkan mampu memberikan solusi dari kekurangan penelitian sebelumnya. Penelitian ini mengasumsikan temperatur ruangan yang semakin besar akibat panas yang berasal dari matahari meresap ke dinding ruangan sehingga ruangan menjadi panas, maka dari itu digunakan lampu pijar sebagai sumber panas dalam ruang pengujian.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui efek variasi beban pendinginan terhadap temperatur pada mesin refrigerasi siklus kompresi uap hibrida dengan kondensor *dummy* tipe *trombone coil* menggunakan diameter *coil* 1/4" panjang 7,9 meter sebagai *water heater*. Penelitian ini dilengkapi dengan tangki pemanas berkapasitas 50 liter dengan menggunakan penambahan beban pendinginan sebagai simulasi pada rumah tangga.

BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu eksperimental dengan melakukan pengujian mesin pengkondisian udara hibrida menggunakan kondensator *dummy* tipe *trombone coil* diameter 1/4" panjang 7,9 meter dalam skala laboratorium. Dalam pengujian ini digunakan mesin refrigerasi hibrida (AC) tipe split 1 PK (9000 BTU/H) dengan penambahan kondensator *dummy* sebagai pemanas air. Fluida yang digunakan untuk menjalankan mesin pengkondisian udara hibrida ini yaitu refrigeran jenis R-22. Foto alat uji dan diagram skematis mesin pengkondisian udara hibrida ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Foto Alat Uji Mesin Pengkondisian Udara Hibrida

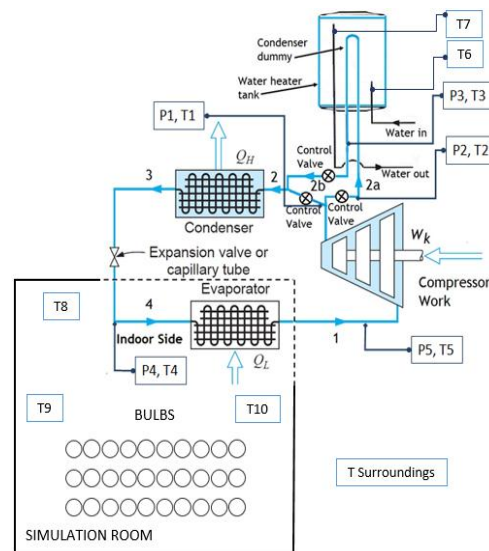
Bagian-bagian yang terdapat pada alat uji mesin pengkondisian udara hibrida yaitu :

1. Tangki *water heater*, yang didalamnya terdapat kondensator *dummy* tipe *trombone coil* diameter 1/4" panjang 7,9 meter.
2. *Pressure gauge*, untuk mengukur tekanan.
3. Katup *water heater*, sebagai pengatur masuk dan keluarnya air.
4. Instalasi pipa refrigeran, sebagai alur proses refrigeran.
5. Kondensator, sebagai tempat hasil pembuangan panas dari ruangan.
6. Pipa masuk atau keluar evaporator, sebagai alur tempat refrigeran menyerap panas dari ruangan.
7. Ruang simulasi, sebagai tempat variasi beban pendinginan.

Data-data yang diambil dalam setiap pengujian adalah sebagai berikut :

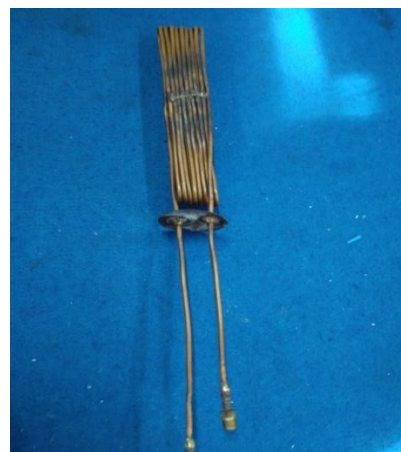
1. Temperatur Kompresor *out* (T_1)
2. Temperatur Kondensator *dummy in* (T_2)
3. Temperatur Kondensator *dummy out* (T_3)
4. Temperatur Evaporator *in* (T_4)
5. Temperatur Evaporator *out* (T_5)
6. Temperatur Air Masuk (T_6)
7. Temperatur Air Keluar (T_7)

8. Temperatur Ruang uji (T_8)
9. Temperatur Ruangan uji (T_9)
10. Temperatur Ruangan uji (T_{10})
11. Temperatur Lingkungan
12. Tekanan Kompresor *out* (P_1)
13. Tekanan Kondensator *dummy in* (P_2)
14. Tekanan Kondensator *dummy out* (P_3)
15. Tekanan Evaporator *in* (P_4)
16. Tekanan Evaporator *out* (P_5)



Gambar 2. Diagram Skematis Air Conditioning Water Heater (Aziz dan Satria, 2014)

Komponen tambahan berupa kondensator *dummy* yang diuji pada penelitian ini adalah kondensator *dummy* tipe *trombone coil* dengan diameter 1/4" panjang 7,9 meter dan terbuat dari bahan tembaga. Kondensator *dummy* diletakkan pada tangki *water heater* berkapasitas 50 liter dengan batas temperatur 75 °C dan tekanan rata-rata 0,75 MPa. Rancangan kondensator *dummy* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kondensator Dummy Tipe Trombone Coil Diameter 1/4" Panjang 7,9 Meter

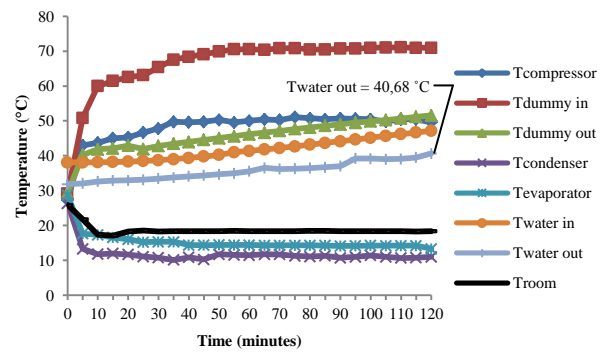
Penambahan beban pendinginan yang diberikan adalah 0 Watt, 1000 Watt, 2000 Watt, dan 3000 Watt di ruangan simulasi yang berukuran 2,26 m × 1,75 m × 2 m (panjang × lebar × tinggi) dilengkapi dengan 30 buah lampu pijar masing-masing berkapasitas 100 Watt. Termostat evaporator diatur pada pendinginan maksimum sebesar 16 °C dan temperatur ruangan dijaga pada 19 °C selama pengujian berlangsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

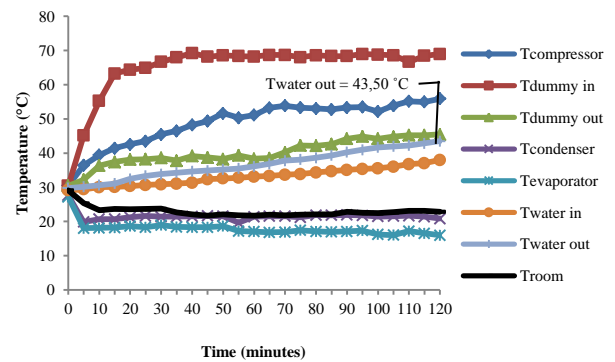
Pengujian ini dilakukan berdasarkan variasi pembebanan pada ruang yang didinginkan atau ruang simulasi. Variasi pembebanan tersebut berupa tanpa beban pendinginan atau beban 0 W, 1000 W, 2000 W, dan 3000 W pada ruang uji. Pengambilan data dilakukan setiap 5 menit selama 120 menit dari saat mesin mulai dinyalakan. Hasil pengujian AC dengan kondensor *dummy* tipe *Trombone Coil* diameter 1/4" panjang 7,9 meter tanpa bukaan katup air (tanpa sirkulasi).

Sistem *air conditioner water heater* (ACWH) dengan beban pendinginan 0 W didapatkan temperatur air setelah 120 menit pengujian meningkat dari 31,87 °C hingga 40,68 °C seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Temperatur rata-rata refrigeran masuk kondensor *dummy* adalah 66,30 °C dan temperatur rata-rata kompresor sebesar 48,12 °C. Sebelum masuk ke kondensor utama, refrigeran berfasa uap lanjut terlebih dahulu melewati kondensor *dummy*. Di dalam tangki *water heater* terjadi perpindahan kalor dari refrigeran yang berada di dalam pipa kondensor *dummy* ke fluida air karena adanya perbedaan temperatur. Temperatur refrigeran yang keluar dari kondensor *dummy* turun menjadi 45,61 °C sehingga kalor yang kemudian dilepaskan ke lingkungan di kondensor lebih rendah. Refrigeran masuk ke kondensor dan kemudian masuk ke katup ekspansi untuk menurunkan tekanannya dan menuju evaporator untuk menyerap kalor dari ruang uji. Ruang uji berada pada temperatur 18,74 °C. Selanjutnya, refrigeran kembali ke kompresor dengan temperatur masuk kompresor rata-rata 15,38 °C.

Grafik pengujian ACWH dengan beban pendinginan 1000 Watt dapat ditunjukkan pada Gambar 5. Temperatur air pada menit ke-120 adalah 43,50 °C. Kemudian temperatur rata-rata refrigeran masuk dan keluar kondensor *dummy* adalah 64,83 °C dan 40,09 °C sedangkan temperatur ruangan rata-rata 18,34 °C.

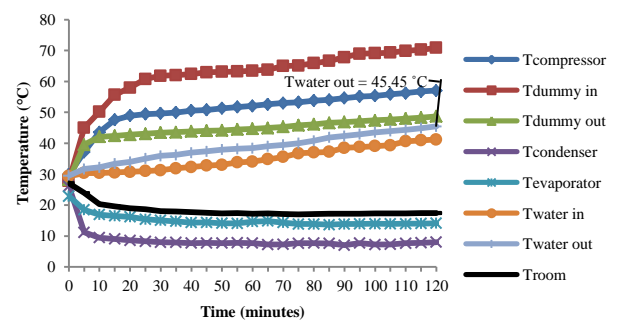


Gambar 4. Grafik Temperatur ACWH tanpa Beban Pendinginan



Gambar 5. Grafik Temperatur ACWH dengan Beban Pendinginan 1000 W

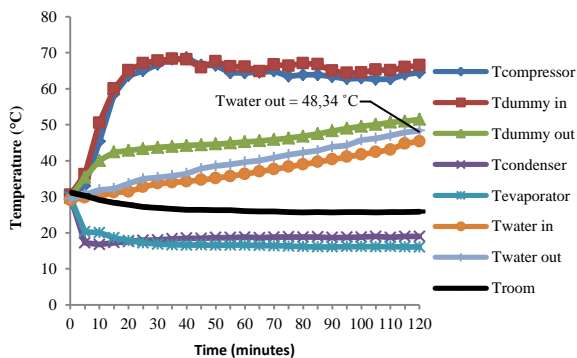
Pada beban pendinginan 2000 Watt, temperatur air pada menit ke-120 adalah 45,45 °C, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. ACWH menghasilkan temperatur rata-rata refrigeran masuk dan keluar kondensor *dummy* adalah 61,98 °C dan 44,37 °C sedangkan temperatur ruangan rata-rata 22,97 °C.



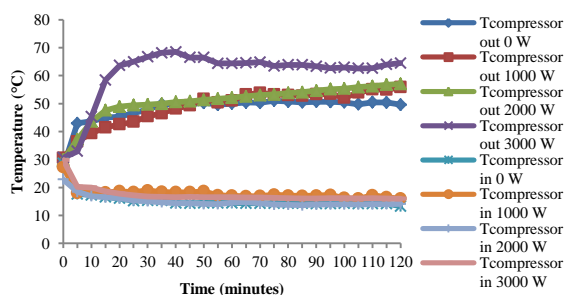
Gambar 6. Grafik Temperatur ACWH dengan Beban Pendinginan 2000 W

ACWH dengan beban pendinginan 3000 Watt, temperatur air pada menit ke-120 adalah 48,34 °C seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Kemudian, temperatur rata-rata refrigeran masuk dan keluar kondensor *dummy* adalah 62,68 °C dan 45,05 °C sedangkan temperatur ruangan rata-rata 26,70 °C. Gambar 8 menunjukkan grafik temperatur refrigeran masuk dan keluar

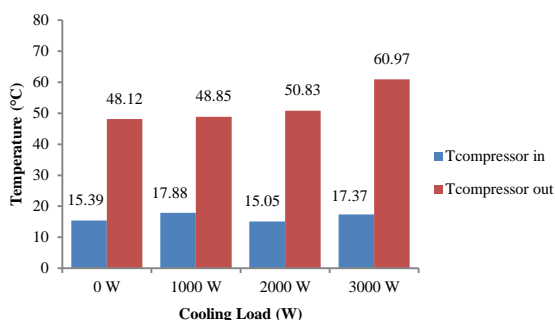
kompresor pada ACWH coil 1/4" panjang 7,9 meter pada setiap beban pendinginan. Temperatur rata-rata refrigeran keluar kompresor pada beban pendinginan 0 W sebesar 48,12 °C, pada pembebanan 1000 W 48,84 °C, pada pembebanan 2000 W 50,82 °C, dan 60,97 °C pada pembebanan 3000 W dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 7. Grafik Temperatur ACWH dengan Beban Pendinginan 3000 W



Gambar 8. Grafik Temperatur Masuk dan Keluar Kompresor ACWH pada Setiap Beban Pendinginan

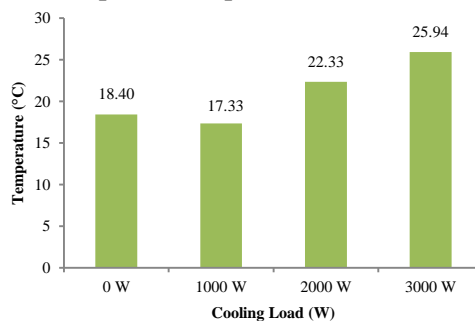


Gambar 9. Grafik Temperatur Rata-Rata Masuk dan Keluar Kompresor ACWH di Setiap Beban Pendinginan

Temperatur masuk kompresor mengalami peningkatan di setiap penambahan beban pendinginan. Hal ini terjadi karena semakin banyaknya kalor yang harus diserap oleh refrigeran dan dibuang ke lingkungan. Penyerapan kalor disebabkan oleh refrigeran bertemperatur rendah dan bertekanan rendah yang melewati evaporator. Kemudian, temperatur refrigeran

setelah melewati evaporator akan masuk ke kompresor dan terjadi proses kompresi akibatnya refrigeran terkompresi sehingga tekanan dan temperatur keluar kompresor semakin meningkat.

Temperatur ruangan mengalami peningkatan di setiap penambahan beban pendinginan. Hal ini dikarenakan banyaknya kalor yang diserap oleh uap refrigeran yang bertekanan rendah di evaporator tidak sebanding dengan banyaknya kalor di ruangan. Sehingga didapatkan temperatur ruangan rata-rata pada pembebanan 0 W (tanpa pembebanan) sebesar 18,40 °C, pada pembebanan 1000 W sebesar 17,33 °C, pembebanan 2000 W 22,33 °C dan pada pembebanan 3000 W sebesar 25,94 °C dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Temperatur Ruangan Rata-Rata ACWH di Setiap Beban Pendinginan

Setelah melakukan pengujian selama 120 menit, diperoleh temperatur air panas yang diakibatkan adanya pemanasan oleh kondensor dummy di dalam water storage. Semakin besar beban pendinginan yang diberikan pada ruang uji, maka temperatur air yang diperoleh akan semakin meningkat. Temperatur air tertinggi yang diperoleh ACWH coil 1/4" panjang 7,9 meter adalah pada saat pemberian beban pendinginan 3000 W yaitu 48,34 °C.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan beban pendinginan pada ruang uji, maka temperatur air yang dihasilkan akan meningkat. Hal ini disebabkan karena banyak kalor yang diserap oleh refrigeran didalam ruang uji kemudian dikompresi oleh kompresor sehingga temperatur refrigeran keluar kompresor yang diperoleh meningkat dan air di tangki water heater juga meningkat. Perolehan temperatur air maksimum sistem ACWH coil 1/4" panjang 7,9 meter terdapat pada beban pendinginan 3000 W sebesar 48,34 °C dengan temperatur keluar

kompresor sebesar 62,68 °C dan temperatur ruangan rata-rata mencapai 25,94 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrul. 2001. "Kaji Eksperimental Karakteristik Mesin Refrigerasi Hibrid Kompresi Uap Susunan Seri dan Paralel dengan Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon HCR-12". Tesis Jurusan Teknik Mesin. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Aziz A, Herisiswanto, Ginting H, Rahman W. 2013. *Recovery Energi Pada Residential Air Conditioning Hibrida Sebagai Pemanas Air Dan Penyejuk Udara Yang Ramah Lingkungan. International Standard Serial Number (ISSN) 1907-0500, vol 1. pp. 251-258.*
- Aziz, A dan Hanif. 2008. Penggunaan Hidrokarbon Sebagai Refrigeran Pada Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Hibrida Dengan Memanfaatkan Panas Buang Perangkat Pengkondisian Udara. *International Standard Serial Number (ISSN) 1829-8958 Volume 5, No. 1. Pp. 1-5.*
- Aziz, A dan Rosa, Y. 2010. Performansi sistem refrigerasi hibrida perangkat pengkondisian udara menggunakan refrigeran hidrokarbon substitusi R-22. *International Standard Serial Number (ISSN) 1829-8958 vol 7. pp. 11-16.*
- Aziz, A dan Satria A.B. 2014. *Performance of Air Conditioning Water Heater with Trombone Coil Type as Dummy Condenser at Different Cooling Loads. Proc.1stInternational Society of Ocean, Mechanical and Aerospace Scientists and Engineers.* Indonesia.
- Aziz, A. 2006. Kinerja Perangkat Pengkondisian Udara Siklus Kompresi Uap Hibrida Pada Massa Refrigeran Hidrokarbon HCR22 Optimum. *Jurnal Sains dan Teknologi, Volume 5, No. 2. pp. 49-53.*
- Fikri, S. 2015. Pengaruh Beban Pendingin Terhadap Temperatur Sistem Pendingin Siklus Kompresi Uap dengan Penambahan Kondensor *Dummy* Tipe *Multi Helical Coil* Sebagai *Water Heater*. *JOM FTEKNIK, Volume 2, No. 2. pp. 1-6.*
- Ginting, H. 2014. Temperatur Sistem Pendingin Siklus Kompresi Uap Terhadap Perubahan Beban Pendinginan Dengan Penambahan Kondensor *Dummy* Sebagai *Water Heater*. *JOM FTEKNIK, Volume 1, No. 2. pp. 1-6.*
- Kumara, R.K. 2015. Performansi Mesin Pengkondisian Udara Hibrida dengan Kondensor *Dummy* Tipe *Trombone Coil* Menggunakan Diameter *Coil* Berbeda Sebagai *Water Heater*. *JOM FTEKNIK, Volume 3, No. 2. pp. 1-4.*
- Satria, A.B. 2014. Pengaruh Beban Pendingin Terhadap Temperatur Sistem Pendingin Siklus Kompresi Uap dengan Penambahan Kondensor *Dummy* Tipe *Trombone Coil* Sebagai *Water Heater*. *JOM FTEKNIK, Volume 1, No. 2. pp. 1-6.*
- Thalal. 2015. Pengaruh Beban Pendinginan Terhadap Temperatur Sistem *Residential Air Conditioning* Hibrida dengan Kondensor *Dummy* Tipe *Trombone Coil* Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon. *JOM FTEKNIK, Volume 2, No. 2. pp. 1-8.*