

Modifikasi Pengkondisi Udara Menjadi *Hot and Cold Split Air Conditioner* Menggunakan *Solenoid Valve* sebagai Pengatur Aliran Refrigeran

Cecep Sunardi¹, Asep Kosasih², Dedep Anggara T.³

¹Jurusan Teknik Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : csn_ra@polban.ac.id

² Jurusan Komputerisasi Akuntansi, Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Poltek Cirebon
E-mail: asep_kosasih@stikompoltek.ac.id

³alumni Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail: dedepanggara@gmail.com

ABSTRAK

Banyak jenis pengkondisi udara yang biasa digunakan seperti : *AC Standing floor*, *AC Casette*, *AC Central*, *AC Window*, *AC Split* dan lain-lain. Pengkondisi udara jenis *AC Split* adalah tipe pengkondisi udara ruangan yang banyak digunakan. Di beberapa tempat tertentu dengan suhu lingkungan sangat dingin, dibutuhkan penghangat ruangan. Di negara-negara Eropa yang memiliki empat jenis iklim : musim panas, musim dingin, musim semi dan musim gugur sudah terbiasa dengan jenis ac yang bisa sebagai pendingin dan pemanas sekaligus. Di Indonesia yang beriklim tropis, ac umumnya berfungsi sebagai penyebar ruangan dengan suhu sekitar 20°C sampai 22°C. Untuk kebutuhan penghangat ruangan diperlukan suhu di atas 30°C, sehingga diperlukan modifikasi dari ac split biasa sebagai pendingin menjadi *Hot and Cold Split Air Conditioner*, jadi bisa juga sebagai pemanas ruangan. *Hot and Cold Split Air Conditioner* ini bekerja dengan menggunakan 4 buah *solenoid valve* yang ditempatkan pada *discharge line* dan *suction line* untuk mengatur arah aliran refrigeran. Dari hasil penelitian ini, didapatkan bahwa temperatur *suplay* rata-rata untuk mode pemanasan (*heating*) dan mode pendinginan (*cooling*) adalah 34,5°C dan 16,5°C. Nilai rata-rata efisiensi masing-masing untuk mode pemanasan (*heating*) dan mode pendinginan (*cooling*) adalah 79,1 % dan 81,2 %.

Kata Kunci

AC split, *Hot and cold Split air conditioner*, *solenoid valve*, *modifikasi*.

1. PENDAHULUAN

Sistem tata udara adalah sistem yang berfungsi untuk mengkondisikan udara agar sesuai dengan tujuan akhir yang diharapkan. Tujuan tersebut dapat berupa kenyamanan termal, pengaturan udara bersih, pengkondisian tekanan ruang, sistem pembuangan udara, penyimpanan produk atau tujuan yang sesuai dengan bidang industri tertentu. Untuk tujuan kenyamanan termal, terdapat dua pengkondisian udara, yakni pemanasan (*heating*) untuk temperatur ambien yang rendah (diaplikasikan untuk cuaca dingin), serta pendinginan (*cooling*) untuk temperatur ambien yang tinggi (diaplikasikan untuk cuaca panas).

Kenyamanan termal merupakan kondisi temperatur ruangan yang sesuai dengan kebutuhan tubuh manusia dalam beraktivitas dan berkegiatan sehari – hari. Tubuh manusia akan mempertahankan kondisi normal tubuh manusia yaitu pada 36 °C - 37 °C. Untuk dapat mempertahankan temperatur normal tubuh manusia harus melepas kalor pada temperatur tertentu.

Air conditioner (AC) di negara kita pada umumnya hanya dapat mengkondisikan temperatur agar berubah menjadi lebih rendah dibanding temperatur lingkungan untuk dapat menjaga kenyamanan penghuni. Untuk meningkatkan fungsi AC selain sebagai penyebar

ruangan, telah dilakukan banyak penelitian seperti Pramacakrayuda pada tahun 2010 juga Aziz tahun 2015. Mereka memanfaatkan suhu panas yang terbuang lewat kondenser menjadi pemanas air [1], [7]. Berbeda dengan mereka, penelitian ini memfungsikan AC selain sebagai penyebar ruangan juga sebagai pemanas atau penghangat ruangan dengan memanfaatkan suhu panas yang dibuang kondenser.

Fungsi *Hot and Cold split Air Conditioner* tidak hanya untuk menurunkan temperatur ruangan (*cooling*) tetapi juga dapat difungsikan untuk menaikkan temperatur ruangan (*heating*) dengan modifikasi perubahan fungsi evaporator menjadi kondensor atau kondensor menjadi evaporator serta rekayasa jalur pemipaan dengan bantuan 4 way reversing valve agar refrigeran yang berada di dalam sistem dapat diatur arah alirannya disesuaikan dengan fungsi pemanas atau pendingin.

4-way reversing valve merupakan katup empat arah yang khusus didesain untuk mengubah arah aliran refrigeran di dalam sebuah *Hot and Cold Split Air Conditioner* dengan sistem elektrik. 4-way reversing valve bekerja menggunakan 4 buah *solenoid valve* dengan merekayasa jalur pemipaan di dalam sistem, sehingga tujuan modifikasi tercapai yaitu pendingin dan penghangat ruangan.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1 Hot and Cold Split Air Conditioner

Penelitian di bidang pengkondisi udara (*air conditioner*) sudah banyak dilakukan. Pramacakrayuda memodifikasi pendingin ruangan (*AC window*) untuk memanfaatkan panas yang terbuang dari kondenser, sehingga selain sebagai penyebar ruangan juga bisa sebagai pemanas air. Hasil penelitiannya itu menunjukkan adanya pengaruh terhadap COP (*Coefficient of Performance*) dan laju pendinginan ruangan pada *AC Window* [1].

Berbeda dengan Pramacakrayuda, pada penelitian ini *AC split* akan dimodifikasi sehingga bisa berfungsi sebagai penghangat ruangan selain sebagai pendingin ruangan. *Hot and Cold Split Air Conditioner* merupakan salah satu jenis sistem tata udara yang memiliki fungsi untuk mengkondisikan ruangan dengan cara mendinginkan atau memanaskan ruangan[6]. *Hot and Cold Split Air Conditioner* atau dikenal dengan *heat pump* termasuk dalam kategori sistem refrigerasi kompresi uap dengan komponen utama yaitu kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator [2].

Pada sistem *Hot and Cold Split Air Conditioner*, koil outdoor (kondensor) berfungsi sebagai media pelepas kalor dari refrigeran pada saat sistem menjalankan proses pendinginan (*cooling*) sedangkan pada saat sistem menjalankan proses pemanasan maka koil outdoor berperan untuk menyerap kalor dari lingkungan agar refrigeran yang melewati koil outdoor dapat mengalami proses evaporasi. Sementara koil indoor (evaporator) berperan sebagai media penyuplay kalor ke ruangan. Sama seperti koil outdoor, koil evaporator berperan ganda yaitu sebagai pelepas kalor (suplay temperatur tinggi) pada saat sistem menjalankan proses pemanasan (*heating*) dan berperan sebagai penyerap kalor (suplay temperatur rendah) pada saat sistem menjalankan proses pendinginan (*cooling*) [3].

2.2 Komponen Sistem

Komponen dari sistem pengkondisi udara (*air conditioner*) yang sering dianalisis dalam penelitian di antaranya adalah kondenser [1] [7]. Pramacakrayuda dan kawan-kawan pada tahun 2010, memanfaatkan suhu panas kondensor yang terbuang di dalam *ac window* sebagai pemanas air.

Koil Outdoor (Kondensor)

Koil outdoor merupakan alat yang berperan untuk melepas kalor uap refrigeran bertekanan dan bertemperatur tinggi sesuai dengan temperatur kondensasi refrigeran dan berubah fasa dari gas ke cair. Fungsi untuk melepas kalor adalah pada kondisi sistem *Hot and Cold Split Air Conditioner* menjalankan proses pendinginan (*cooling*).

Koil outdoor juga memiliki peran untuk menyerap kalor dari lingkungan agar refrigeran yang ada di dalam sistem menguap sesuai dengan temperatur evaporasi

refrigeran sehingga berubah fasa dari cair ke gas. Koil outdoor berperan sebagai alat penyerap kalor adalah pada kondisi sistem berfungsi memanaskan (*heating*). Koil outdoor (kondensor) berdasarkan media pelepasan kalor terdiri dari : Kondensor berpendingin udara, Kondensor berpendingin air, Kondensor evaporative.

Koil Indoor (Evaporator)

Pada umumnya koil indoor (evaporator) adalah alat perpindahan panas yang berfungsi sebagai media penyerap kalor dari udara, air, ruang, benda atau bahan lain yang akan didinginkan oleh refrigeran yang bertekanan dan temperatur rendah sehingga terjadi perubahan fasa dari cair menjadi uap.

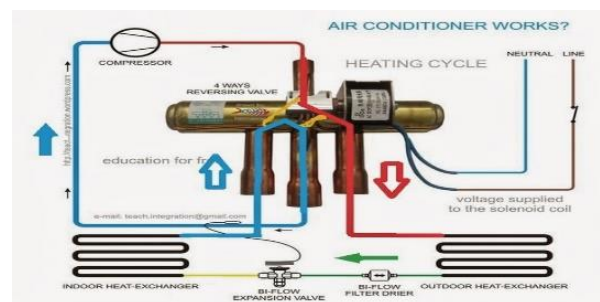
Pada sistem *Hot and Cold Split Air Conditioner* koil indoor dapat berperan sebagai media pelepas kalor uap refrigeran bertekanan dan bertemperatur tinggi menjadi refrigeran bertemperatur cukup rendah sesuai dengan temperatur kondensasi refrigeran dan berubah fasa dari gas ke cair. Fungsi untuk melepas kalor adalah pada kondisi sistem *Hot and Cold Split Air Conditioner* menjalankan proses pemanasan (*heating*).

Koil indoor juga memiliki peran sebagai media penyerap kalor dari ruangan agar refrigeran yang ada di dalam sistem menguap sesuai dengan temperatur evaporasi refrigeran sehingga berubah fasa dari cair ke gas. Koil outdoor berperan sebagai alat penyerap kalor adalah pada kondisi sistem *Hot and Cold Split Air Conditioner* berfungsi mendinginkan (*cooling*).

4 Way Reversing Valve

Four way reversing valve digunakan pada instalasi sistem pengkondisi udara jika sebuah AC akan digunakan sebagai penyebar ruangan sekaligus penghangat atau pemanas ruangan [8].

4 Way Reversing Valve merupakan katup empat arah yang bekerja dengan sistem elektromagnetik untuk membalikan arah aliran refrigeran. Cara kerja *4 way reversing valve* adalah saat koil solenoid dialiri arus listrik maka koil akan memiliki efek elektromagnetik dan menarik blok solenoid. Saat koil solenoid tidak teraliri arus listrik maka efek elektromagnetik akan hilang sehingga blok solenoid kembali ke posisi awal. Gambar 1 menunjukkan *4 way reversing valve* saat energized .



Gambar 1 . *4 way reversing valve* saat energized .

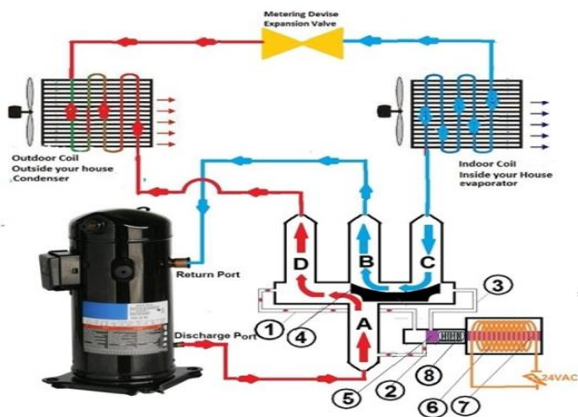
3. METODE PENELITIAN

Setelah melakukan kajian pustaka mengenai modifikasi pengkondisi udara khususnya analisis pada komponen kondensor, kemudian dilanjutkan dengan perancangan dan instalasi sistem dengan tujuan modifikasi ac split menjadi pemanas udara ruangan selain sebagai pendingin. Langkah-langkah pelaksanaannya adalah seperti berikut :

1. Pengecekan unit *AC split*
2. Membuat kerangka dudukan outdoor unit
3. Instalasi pemipaan
4. Instalasi kelistrikan
5. Pengecekan kebocoran
6. Pemakuman sistem
7. Pengisian refrigeran
8. Pengujian sistem
9. Pengolahan data dan analisis

Cara Kerja Sistem

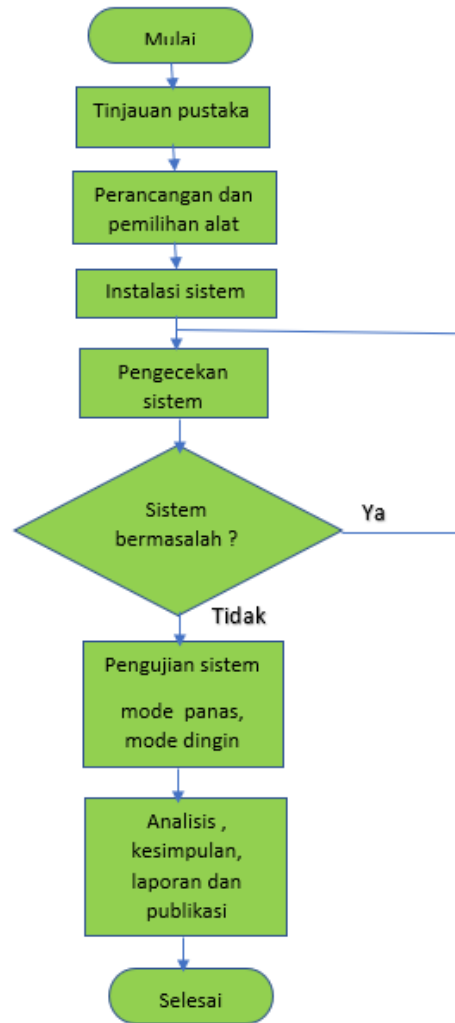
Sistem *Hot and Cold Split Air Conditioner* dapat bekerja dengan dua kondisi secara bergantian yaitu proses *cooling* dan proses *heating*. Gambar 2 memperlihatkan proses *cooling*.



Gambar 2. Skematik kerja mode *cooling* dengan 4-way reversing valve.

Pada mode *cooling*, AC bekerja mendinginkan ruangan sampai tercapai suhu nyaman antara 20°C - 22°C dan pada mode *heating*, AC bekerja menghangatkan ruangan sampai di atas 30°C.

Tahapan-tahapan penelitian lebih rincinya bisa dilihat pada Gambar 3 berupa *flow chart* berikut :



Gambar 3. *Flow chart* penelitian modifikasi AC Split.

4. HASIL PENELITIAN

Menentukan COP (*Coefficient of performance*) dan efisiensi refrigerasi.

Dari data-data hasil pengukuran dan perhitungan seperti terlihat di Tabel 1, kemudian dicari nilai COP nya.

Tabel 1. Data pada mode dingin (*cooling*) di menit ke 75, refrigeran R22.

parameter	P (Bar abs.)	T (°C)	h (kJ/kg)
discharge	14,8	69,5	
suction	3,2	-9,1	
Suhu suplay		16,7	
Suhu ruangan		24,6	
Suhu evaporasi		-12,8	
Suhu kondensasi		38,5	
entalpi (h ₁)			402,96
entalpi (h ₂)			446,0
entalpi (h ₃ =h ₄)			235,5

Evaporating Temp. (T_e) = $-12,8^{\circ}\text{C} = 260,2\text{ K}$

Condensing Temp. (T_k) = $38,5^{\circ}\text{C} = 311,5\text{ K}$

- kerja kompresi (q_w)

$$\begin{aligned} q_w &= h_2 - h_1 \\ &= 446,0\text{ kJ/kg} - 402,96\text{ kJ/kg} \\ &= 40,26\text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

- kalor yang dilepas oleh kondenser (q_c)

$$\begin{aligned} q_c &= h_2 - h_3 \\ &= 446,0\text{ kJ/kg} - 235,5\text{ kJ/kg} \\ &= 210,5\text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

- kalor yang diserap oleh evaporator (q_e)

$$\begin{aligned} q_e &= h_1 - h_4 \\ &= 402,96\text{ kJ/kg} - 235,5\text{ kJ/kg} \\ &= 167,46\text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

- COP Actual

$$\begin{aligned} \text{COP Actual} &= \frac{q_e}{q_w} \\ &= \frac{167,46}{40,26} \\ &= 4,16 \end{aligned}$$

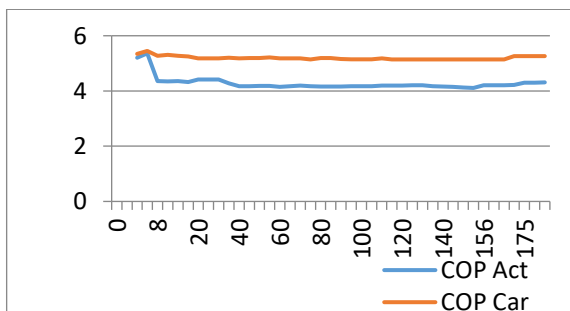
- COP Carnot

$$\begin{aligned} \text{COP Carnot} &= \frac{T_e}{T_c - T_e} \\ &= \frac{260,2}{311,5 - 260,2} \\ &= 5,07 \end{aligned}$$

- Efisiensi sistem

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi sistem} &= \frac{\text{COP actual} \times 100\%}{\text{COP carnot}} \\ &= \frac{4,32 \times 100\%}{5,13} \\ &= 76,7\% \end{aligned}$$

1). Analisis COP carnot dan COP actual



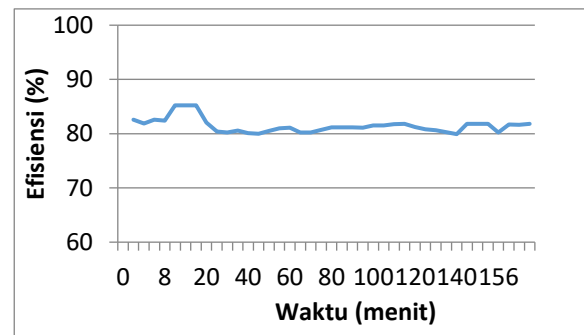
Gambar 4. Grafik COP Carnot dan COP Actual terhadap waktu pada mode cooling

Gambar 4 merupakan grafik perbandingan COP carnot dan COP actual terhadap waktu sesuai dengan data hasil perhitungan .

Nilai dari COP Carnot pada hasil perhitungan cenderung konstan pada nilai rata-rata COP yaitu 5,19. Begitu pula nilai COP Carnot seperti terlihat pada gambar 4 cenderung konstan dengan nilai rata-rata 4,22. Nilai COP actual dan COP carnot rata-rata di atas merupakan rata-rata nilai COP pada kondisi sistem energized.

2). Analisis Efisiensi Sistem

Dari hasil perhitungan Efisiensi Sistem didapatkan grafik seperti gambar 5 sebagai berikut.



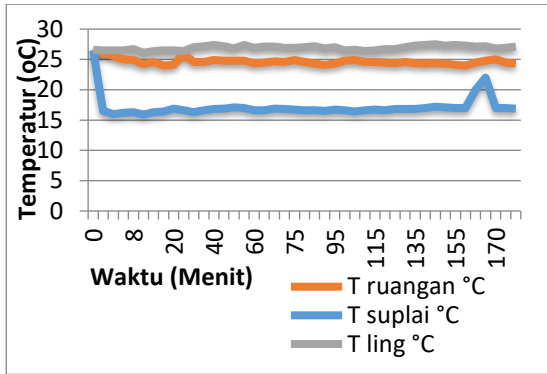
Gambar 5. Grafik Efisiensi Sistem terhadap waktu pada mode cooling

Efisiensi sistem menunjukkan efektivitas kerja sebuah mesin. Seperti pada gambar 5 dapat dilihat nilai efisiensi sistem sesuai dengan waktu sistem bekerja menunjukkan bahwa nilai efisiensi sistem bernilai konstan pada kondisi steady, hal ini dapat dilihat dari grafik menit 15-180 menunjukkan nilai efisiensi berada pada range 80-85 % dengan nilai rata-rata efisiensi yaitu 81,2 %.

Nilai efisiensi rata-rata sistem berbanding lurus dengan nilai COP actual dan berbanding terbalik COP carnot yang didapat. Semakin besar nilai COP actual dengan diasumsikan nilai COP carnot konstan , maka nilai efisiensi sistem akan mengalami kenaikan. Sedangkan sebagai faktor pembagi, apabila nilai COP carnot sistem mengalami kenaikan dan COP actual sistem konstan maka nilai efisiensi sistem akan menurun. Dengan nilai rata-rata efisiensi sistem 81,2 % maka pada saat mode pendinginan (cooling) sistem bekerja dengan baik.

3). Analisis Temperatur Suplay , Ruang dan Lingkungan

Dari hasil pengukuran temperatur suplay , ruangan dan lingkungan didapatkan grafik seperti pada gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Grafik temperatur suplay, ruangan dan lingkungan terhadap waktu pada mode *cooling*.

Temperatur ruangan dan temperatur suplay berbanding lurus sesuai dengan grafik pada gambar 6. Pada menit ke 15-30, 95-115 dan 155-170 dapat dilihat terjadi kenaikan temperatur pada temperatur suplay dan ruangan, hal ini disebabkan karena temperatur set di ruangan telah tercapai dan sistem tidak bekerja sehingga tidak ada suplay udara dingin dari koil *indoor*.

Rata-rata temperatur suplay adalah 16,5°C untuk mendinginkan ruangan sampai dengan *set point* yang ditentukan (24°C). Temperatur lingkungan rata-rata adalah 27°C dengan hanya mengalami kenaikan rata-rata 0,1°C per menit sehingga temperatur suplay pun cenderung konstan.

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengamatan, olah data dan analisis *Hot and Cold Split Air Conditioner*, dapat disimpulkan bahwa:

- Temperatur *suplay* rata-rata untuk mode pemanasan (*heating*) dan mode pendinginan (*cooling*) adalah 34,5°C dan 16,5°C.
- Nilai Rata-rata COP *actual* masing-masing untuk mode pemanasan (*heating*) dan mode pendinginan (*cooling*) adalah 5,03 dan 4,22
- Nilai rata-rata efisiensi masing-masing untuk mode pemanasan (*heating*) dan mode pendinginan (*cooling*) adalah 79,1 % dan 81,2 %.
- Setelah modifikasi ac split menjadi *Hot and Cold Split Air Conditioner*, fungsinya bertambah, selain penyegar juga sebagai penghangat ruangan dan bisa berkontribusi pada pengembangan fungsi ac.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada manajemen Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, khususnya kepada petugas laboratorium dimana penelitian ini dilakukan, juga kepada Politeknik Negeri Bandung yang sudah mendanai penelitian ini melalui DIPA tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pramacakrayudaa, I Gusti Agung, Adinugrahhab, Ida Bagus, Wijaksanab, Hendra, Suarnadwipa, Nengah. "Analisis Performansi Sistem Pendingin Ruangan Dikombinasikan dengan Water Heater". Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRA M. Vol. 4, 2010.
- [2] ASHRAE. "Handbook of Fundamental, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers", Atlanta 2001.
- [3] ASHRAE. "Handbook of Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating, and Air conditioning Engineers", Atlanta, 2002.
- [4] Dossat, Roy J, "Principles of Refrigeration", Second Edition, SI Version, Jhon Willey and Soons, 1981, Canada.
- [5] Wang, Shan. Et.all. "Handbook of air condition and refrigeration". New york. McGraw-Hill. 2000.
- [6] ALTHOUSE, Andrew Daniel. "Modern Refrigeration and Air Conditioning", Carl H.T., Alfred F. Bracciano. 2004.
- [7] Aziz, Azridjal, Harianto, Joko, Mainil, Afdhal Kurniawan. "Potensi Pemanfaatan Energi Panas Terbuang Pada Kondensor Ac Sentral untuk pemanas air hemat energi". Jurnal Mekanikal, Vol. 6 .2015.
- [8] <http://audit-energi.blogspot.com/2014/01/gambar-1-skema-heater-kembali-ke.html>. Tanggal 22 April 2021.

HAK CIPTA

Makalah ini adalah hak cipta penulis dan tidak sedang dalam pertimbangan untuk dipublikasikan di prosiding atau jurnal ilmiah lainnya.