

Analisis Pengaruh Pemanfaatan Solenoid Valve Pada Water Heater Terhadap Tingkat Pendinginan dan Konsumsi Daya Listrik Air Conditioner di Perumahan

Riski Fadilah Furkon^{1*}, Iskendar MS¹

¹Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

*Email Corresponding Author: riski.soulexpression.rf@gmail.com , een.iskendar@gmail.com

ABSTRAK

Air Conditioner Water Heater (ACWH) adalah upaya pemanfaatan panas pada kondensor mesin AC dengan tidak mengurangi fungsi AC sebagai pengkondisian udara di ruangan. Prinsip kerja dari sistem ini menggunakan siklus refrigerasi kompresi uap, yaitu pada sisi evaporator digunakan untuk pengkondisian udara di ruangan sedangkan pada sisi antara kompresor dan kondensor dimanfaatkan untuk proses pemanasan. Ketika suhu *water heater* sudah mencapai di atas 50°C perlu dilimitasi suhunya dengan penambahan *solenoid valve* di pipa *discharge refrigerant* keluar kompresor sehingga bisa meningkatkan tingkat pendinginan (COP) dan menurunkan konsumsi daya listrik (*Watt*). Hasil penelitian pada variasi limitasi suhu *water heater* 35°C, 40°C, 45°C, dan 50°C menunjukkan kinerja terbaik didapat pada limitasi suhu *water heater* 40°C dengan peningkatan COP sebesar 4,4, penurunan daya listrik sebesar 778,78 *watt*, suhu rata rata *water heater* sebesar 39,26°C kapasitas 20 liter.

Kata kunci : *Air Conditioner, Water Heater, ACWH, Solenoid Valve, COP, Daya Listrik.*

ABSTRACT

Air Conditioner Water Heater (ACWH) is an effort to use heat in the condenser of an Air Conditioner without reducing the function of the AC as air conditioning in the room. The working principle of this system uses a vapor compression refrigeration cycle, which is that the evaporator side is used for air conditioning in the room while the side between the compressor and condenser is used for the heating process. When the water heater temperature has reached above 50 ° C, it needs to be limited by the addition of a solenoid valve in the refrigerant discharge pipe out of the compressor so that it can increase the cooling rate (COP) and reduce the consumption of electric power (Watts). The results of research on variations in water heater temperature limitations of 35 ° C, 40 ° C, 45 ° C, and 50 ° C showed that the best performance was obtained at a water heater temperature limitation of 40 ° C with an increase in COP of 4.4, a decrease in electric power of 778, 78 watts, the average temperature of the water heater is 39.26 ° C with a capacity of 20 liters.

Keywords: *Air Conditioner, Water Heater, ACWH, Solenoid Valve, COP, Electric Power*

PENDAHULUAN

Air conditioner dan *water heater* sudah menjadi kebutuhan umum pada rumah tangga di perkotaan. AC diperlukan karena Indonesia merupakan negara beriklim tropis dengan kondisi udara yang cenderung panas dan lembab, temperatur udara antara 23°C sampai 36°C dengan tingkat kelembaban (*relative humidity*) antara 51 % sampai 98 % [1-3]. Sedangkan pemanas air digunakan untuk mandi air panas sebagai sarana relaksasi tubuh setelah penggunaannya melakukan aktivitas yang melelahkan sepanjang hari.

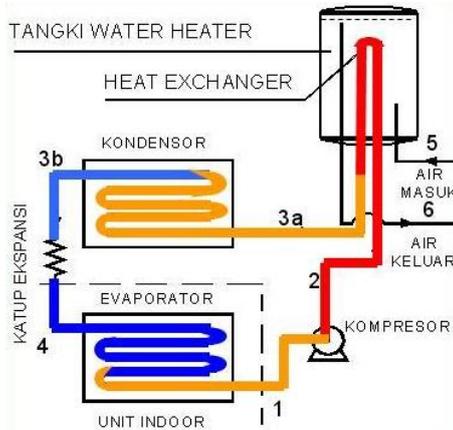
Air conditioner umumnya mengkonsumsi energi listrik untuk beroperasi yang besarnya tergantung dari kapasitas pendinginannya, sedangkan pemanas air memiliki sumber energi yang lebih bervariasi yaitu gas, listrik, dan surya. Porsi konsumsi untuk energi listrik untuk operasional *air conditioner* suatu bangunan di

Indonesia cukup dominan, mencapai 42,5 % dari total konsumsi energi listrik [4,5]. Porsi dominan konsumsi energi rumah tangga digunakan untuk mengoperasikan

Air conditioner dan *Water Heater* yang diprediksi akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi [6]. Indonesia sendiri memiliki indeks elastisitas energi 1,84. Indeks ini menunjukkan perbandingan pertumbuhan konsumsi terhadap pertumbuhan ekonomi suatu negara yang idealnya di bawah angka 1,00 [7-9].

Penggunaan *Air conditioner* sebagai *water heater* merupakan sistem terintegrasi yang memanfaatkan panas buang dari kondensor AC untuk memanaskan air dingin yang tersimpan dalam suatu media penyimpan berupa tangki. Pada sistem ini uap *refrigerant* super panas yang keluar dari kompresor dibelokan ke dalam media penyimpan yang berisi air dingin, kemudian air

dingin akan menyerap panas dari *refrigerant* tersebut, dan *refrigerant* tersebut akan menurun suhunya sebelum masuk ke dalam kondensor. Skema sistem ini seperti ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1 Air Conditioner Water Heater

Proses penukaran panas dari *refrigerant* ke air dingin dalam tangki penyimpanan, diperlukan suatu penukar panas dengan konstruksi tertentu. Konstruksi penukar panas ini adalah sedemikian rupa sehingga jika diintegrasikan ke dalam sistem AC, penukar panas tidak mengganggu operasi unit AC bahkan sangat membantu terhadap COP (*Coefficient of Performance*) dari unit AC akan meningkat.

Jenis penukar panas yang direncanakan adalah penukar panas pipa koil Heliks material tembaga dengan diameter $\frac{1}{4}$ inchi sesuai dengan standar pipa keluar kompresor unit AC. Jenis koil ini memiliki luas permukaan per unit volume yang besar dibandingkan pipa Konus atau pipa koil multi U.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu:

1. Studi literatur.

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mempelajari makalah, jurnal, dan riset sebelumnya berkaitan dengan pemanfaatan panas dari kondensor *Air conditioner*. Mulai tahap ini diharapkan mendapatkan informasi yang lengkap dan berguna untuk mencapai tujuan penelitian ini.

2. Penyiapan alat ukur penelitian

Menyiapkan objek penelitian yang akan diteliti yaitu tangki water heater ukuran 20 liter dan Mesin *Air conditioner* kapasitas 1 HP (9000 Btu/h). Kemudian variabel penelitian yang akan diukur seperti berapa nilai tingkat pendinginan (COP) dan konsumsi daya listrik. Metode dilakukan dengan analisis statistik regresi pengaruh penambahan *solenoid valve* terhadap

tingkat pendinginan (COP) dan konsumsi daya listrik. Analisis Regresi Sederhana adalah sebuah metode pendekatan untuk pemodelan hubungan antara satu variabel dependen dan satu variabel independen.

Dalam model regresi, variabel independen menerangkan variabel dependennya. Dalam analisis regresi sederhana, hubungan antara variabel bersifat linier, dimana perubahan pada variabel X akan diikuti oleh perubahan pada variabel Y secara tetap [10]. Sementara pada hubungan non linier, perubahan variabel X tidak diikuti dengan perubahan variabel y secara proporsional. seperti pada model kuadratik, perubahan x diikuti oleh kuadrat dari variabel x. Hubungan demikian tidak bersifat linier. Secara matematis model analisis regresi linier sederhana dapat digambarkan sebagai berikut: ($Y = A + BX + e$) Y adalah variabel dependen atau respon, A adalah intercept atau konstanta, B adalah koefisien regresi atau slopee adalah residual atau error [11,12].

Teknik pengukuran data atau perencanaan penyiapan alat ini adalah bagaimana proses pembuatan unit pemanas air yang akan digabungkan dengan mesin *Air conditioner*. Pada penyiapan alat ukur ini yaitu melakukan penelitian bagaimana pengaruh penambahan *solenoid valve* terhadap tingkat pendinginan dan konsumsi daya listrik di pipa *discharge refrigerant* ketika air panas sudah mencapai 50°C pada tangki *water heater* kapasitas 20 liter menggunakan Mesin *Air conditioner* kapasitas 1 HP (9000 Btu/h).

3. Penyiapan data penelitian

Pada proses pendataan alat ukur penelitian, terdapat tiga metode pendataan yang berbeda yaitu:

- Pendataan dilakukan menggunakan penambahan *solenoid valve* di pipa *discharge refrigerant* dengan limitasi suhu air di tangki 35°C. Kapasitas tangki *water heater* 20 liter menggunakan Mesin *Air conditioner* kapasitas 1 HP (9000 Btu/h).
- Pendataan dilakukan menggunakan penambahan *solenoid valve* di pipa *discharge refrigerant* dengan limitasi suhu air di tangki 40°C. Kapasitas tangki *water heater* 20 liter menggunakan Mesin *Air conditioner* kapasitas 1 HP (9000 Btu/h).
- Pendataan dilakukan menggunakan penambahan *solenoid valve* di pipa *discharge refrigerant* dengan limitasi suhu air di tangki 45°C. Kapasitas tangki *water heater* 20 liter menggunakan Mesin *Air conditioner* kapasitas 1 HP (9000 Btu/h).

Pendataan dilakukan menggunakan penambahan *solenoid valve* di pipa *discharge refrigerant* dengan limitasi suhu air di tangki 50°C. Kapasitas tangki *water heater* 20 liter menggunakan Mesin *Air conditioner* kapasitas 1 HP (9000 Btu/h).

4. Objek Penelitian

Objek Penelitian terdiri dari unit *water heater*, *Solenoid Valve*, dan Mesin *Air Conditioner*.

a. *Water Heater*

Unit *water heater* yang dibuat pada penelitian ini direncanakan terpasang secara seri terhadap kondensor mesin *Air Conditioner* yang sudah ada. Pemasangan secara seri ini bertujuan untuk menjaga agar pada saat temperatur air di dalam tangki unit *water heater* mulai mengalami kenaikan maka proses kondensasi akan tetap terjadi pada Kondensor.



Gambar 2 *Water Heater*

b. Koil Pemanas

Koil pemanas mempunyai diameter yang disesuaikan dengan diameter dari unit kondensor pada Mesin AC tersebut. Diameter pipa koil 6,4 mm berbahan tembaga dan tebal 0,8 mm. Tahap pembuatan koil dimulai dengan membuat desain dari konfigurasi koil yang digunakan



Gambar 3 Koil Pemanas Jenis Heliks

c. *Solenoid Valve*

Solenoid valve yang digunakan pada penelitian ini tipe 3-Way Valve, dengan limitasi suhu 35°C - 50°C sama yaitu, tipe 3-Way Valve tegangan 220 VAC.



Gambar 4 *Koil Solenoid Valve*

d. Mesin *Air Conditioner*

Air Conditioner (AC) yang digunakan pada penelitian ini tipe Non Inverter atau standard konvensional merek AKARI model (AC-0978PLWk) jenis *Split Wall* dengan kapasitas Pendinginan 1 HP (9000 Btu/h).



Gambar 5 Mesin *Air Conditioner Non Inverter*
Kapasitas 1 HP

e. *Thermostat Water Heater*

Thermostat adalah komponen yang berfungsi untuk mendeteksi suhu sesuai dengan settingan yang diinginkan. *Thermostat* dalam penelitian ini menggunakan *thermostat* jenis AC 100/200 VAC yang berfungsi untuk mendeteksi suhu *water heater* dan mengatur buka tutup aliran *refrigerant* oleh *solenoid valve*.



Gambar 6 *Thermostat Water Heater*

f. Variabel Penelitian

Variabel penelitian pada pendataan ini adalah pengaruh penambahan *solenoid valve* terhadap tingkat pendinginan (COP) dan konsumsi daya listrik. Variabel X terdiri dari empat variabel yaitu solenoid valve, variabel Y terdiri dari delapan variabel yaitu tingkat pendinginan (COP) dan konsumsi daya listrik. Tipe regresi statistik yang digunakan tipe regresi sederhana. Pada penelitian ini teknik pengolahan data menggunakan software Statistik (SPSS 26).

Analisis Regresi Sederhana adalah sebuah metode pendekatan untuk pemodelan hubungan antara satu variabel dependen dan satu variabel independen. Dalam model regresi, variabel independen menerangkan variabel dependennya. Dalam analisis regresi sederhana, hubungan antara variabel bersifat linier, dimana perubahan pada variabel X akan diikuti oleh perubahan pada variabel Y secara tetap.

Sementara pada hubungan non linier, perubahan variabel X tidak diikuti dengan perubahan variabel y secara proporsional. seperti pada model kuadratik, perubahan x diikuti oleh kuadrat dari variabel x. Hubungan demikian tidak bersifat linier. Secara matematis model analisis regresi linier sederhana dapat digambarkan sebagai berikut: $(Y = A + BX + e)$ Y adalah variabel dependen atau respon, A adalah intercept atau konstanta, B adalah koefisien regresi atau slope, e adalah residual atau error. Adapun variabel nya terdiri dari:

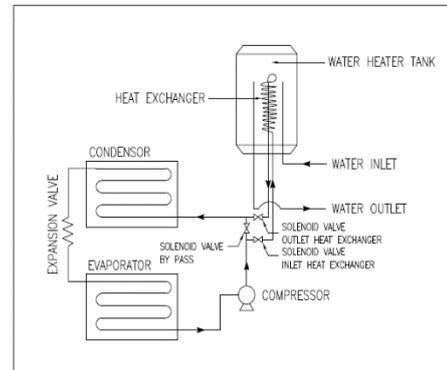
1. Variabel X merupakan alat *solenoid valve* limitasi suhu water heater dengan satuan ($^{\circ}\text{C}$).
2. Variabel Y1 merupakan tingkat pendinginan (COP) dengan satuan (kJ/kJ).
3. Variabel Y2 merupakan konsumsi daya listrik dengan satuan (Watt).

g. Teknik Pengukuran Data

Pengukuran data dilakukan menggunakan penambahan *solenoid valve* di pipa *discharge* refrigerant dengan limitasi suhu air di tangki 35°C , 40°C , 45°C , dan 50°C . Tipe dan tegangan input *solenoid valve* yang digunakan pada pengujian ACWH dengan limitasi suhu 35°C - 50°C sama yaitu, tipe 3-Way Valve tegangan 220 VAC. Pendataan dilaksanakan pada minggu ke 2 bulan Desember 2019, selama 180 menit. Pendataan dengan mengatur kondisi ruangan, *setting temperatur* pada ruangan dilakukan pada $T = 18^{\circ}\text{C}$.

Water Heater yang dibuat pada penelitian ini direncanakan terpasang secara seri terhadap kondensor Mesin *Air Conditioner* yang sudah ada, sehingga kondensor masih berfungsi sebagaimana fungsinya. Dibawah ini adalah gambar pengujian pada Mesin AC dan lokasi pemasangan *solenoid*

valve pada *water heater*, *solenoid valve* dipasang di pipa *discharge* keluar kompresor.



Gambar 7 Lokasi Pemasangan *Solenoid valve* Pada Mesin ACWH

h. Hubungan dari beberapa Variabel Penelitian

Berikut ini adalah diagram hubungan sebab akibat dari beberapa variabel penelitian yang menggambarkan pengaruh pemanfaatan *solenoid valve* terhadap tingkat pendinginan (COP) dan konsumsi daya listrik.

| Hubungan Sebab akibat Dari Beberapa Variabel Penelitian | | |
|---|--------------------|---------------------------|
| Variabel X | Solenoid Valve (X) | |
| Variabel Y | COP (kJ/kJ) Y1 | Daya Listrik (Watt) Y2 |

Gambar 8 Tabel Hubungan Sebab Akibat Dari Beberapa Variabel Penelitian

i. Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini terbagi menjadi empat model yaitu:

1. Pengolahan data pada alat ukur penelitian dengan penambahan *solenoid valve* limitasi suhu air di tangki 35°C ,
2. Pengolahan data pada alat ukur penelitian dengan penambahan *solenoid valve* limitasi suhu air di tangki 40°C .
3. Pengolahan data pada alat ukur penelitian dengan penambahan *solenoid valve* limitasi suhu air di tangki 45°C .
4. Pengolahan data pada alat ukur penelitian dengan penambahan *solenoid valve* limitasi suhu air di tangki 50°C .

j. Teknik Analisis Data Penelitian

Hasil pengolahan data penelitian yaitu:

1. Perbedaan rata-rata konsumsi daya listrik (Watt) dan tingkat pendinginan (COP) pada setiap nilai variabel.
2. Menguji kesamaan varian atau homogenitas.

3. Analisis regresi sederhana

k. Teknik Pengambilan Kesimpulan

Bila hasil nilai signifikansi uji regresi sederhana lebih kecil dari 5% (0.05) maka hasilnya adalah berbeda nyata.

1. Jika probabilitasnya (nilai sig) > 0.05 atau F hitung < F tabel maka H0 tidak ditolak.
2. Jika probabilitasnya (nilai sig) < 0.05 atau F hitung > F tabel maka H0 ditolak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pendataan

Tujuan Penelitian ini adalah untuk meneliti pengaruh penambahan *solenoid valve* dan *water heater* terhadap COP (*Coefficient of Performance*) dan konsumsi daya listrik pada tangki *water heater* kapasitas 20 liter menggunakan Mesin *Air conditioner* kapasitas 1 HP (9000 Btu/h). Data hasil pendataan ditunjukkan oleh Gambar 9.

| No | Waktu Pendataan Mentri Ke | Limitasi Solenoid Valve | | | | COP dan Konsumsi Daya Listrik | | | | | | | |
|----|------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | | Valve (X1) WH 35°C | Valve (X2) WH 40°C | Valve (X3) WH 45°C | Valve (X4) WH 50°C | Daya (Y1) Watt | COP (Y2) KJKJ | Daya (Y3) Watt | COP (Y4) KJKJ | Daya (Y5) Watt | COP (Y6) KJKJ | Daya (Y7) Watt | COP (Y8) KJKJ |
| 1 | 1 | 31 | 32 | 29,7 | 29,7 | 558,08 | 5,8 | 568,1 | 5,6 | 538,2 | 4,6 | 538,2 | 5,8 |
| 2 | 10 | 37 | 36 | 36,5 | 36,5 | 784,8 | 4,6 | 763,8 | 4,4 | 774,4 | 4,4 | 774,4 | 4,5 |
| 3 | 20 | 36 | 36,5 | 37,7 | 37,7 | 850,84 | 4,7 | 781,2 | 4,2 | 770,9 | 4,4 | 770,9 | 4,3 |
| 4 | 30 | 34 | 39 | 40 | 40 | 763,84 | 4,5 | 781,2 | 4,7 | 774,4 | 4,3 | 774,4 | 4,1 |
| 5 | 40 | 34,6 | 40,5 | 41,9 | 41,9 | 781,2 | 4,4 | 872 | 4,2 | 774,4 | 4,3 | 774,4 | 4,3 |
| 6 | 50 | 36 | 38 | 42,2 | 42,2 | 756,8 | 4,5 | 777,6 | 4,5 | 760,2 | 4,3 | 760,2 | 4,1 |
| 7 | 60 | 34 | 39,5 | 42,3 | 42,3 | 781,2 | 4,2 | 777,6 | 4,4 | 774,4 | 3,9 | 774,4 | 4 |
| 8 | 70 | 36 | 40,5 | 43 | 43 | 781,2 | 4,7 | 868 | 4,5 | 784,4 | 3,9 | 784,8 | 3,9 |
| 9 | 80 | 35 | 38 | 44 | 44 | 781,2 | 4,7 | 794,9 | 4,5 | 788,4 | 3,9 | 788,4 | 3,9 |
| 10 | 90 | 34 | 39 | 45 | 45 | 781,2 | 4,4 | 781,2 | 4,2 | 815,9 | 4,3 | 774 | 4,5 |
| 11 | 100 | 33 | 40 | 40 | 45,5 | 767,3 | 4,5 | 781,2 | 4,1 | 833,3 | 4,4 | 783,3 | 4,3 |
| 12 | 110 | 36 | 41 | 39 | 46 | 784,8 | 5,2 | 872 | 4,4 | 833,3 | 4,5 | 777,6 | 4,7 |
| 13 | 120 | 35,5 | 39,8 | 39,2 | 49 | 781,2 | 5,2 | 781,2 | 4,5 | 784,4 | 3,9 | 812,2 | 3,6 |
| 14 | 130 | 34 | 38,9 | 40 | 51,5 | 781,8 | 4,5 | 781,2 | 4,4 | 774,4 | 4,3 | 808,4 | 3,7 |
| 15 | 140 | 35,5 | 38,7 | 41,9 | 46 | 850,6 | 4,5 | 781,2 | 4,5 | 774,4 | 4,3 | 833,3 | 3,6 |
| 16 | 150 | 35 | 39 | 42,3 | 45 | 794,8 | 4,5 | 781,2 | 4,5 | 774,4 | 4 | 833,3 | 3,7 |
| 17 | 160 | 33 | 40 | 43 | 40 | 767,3 | 4,5 | 781,2 | 4,1 | 784,8 | 4 | 833,3 | 3,7 |
| 18 | 170 | 36 | 41 | 44 | 42,3 | 802,2 | 4,7 | 872 | 4,4 | 784,4 | 4 | 774,4 | 4 |
| 19 | 180 | 35,5 | 37,8 | 45 | 43 | 781,2 | 4,7 | 781,2 | 4,5 | 815,9 | 4 | 784,8 | 3,9 |

Gambar 9 Pendataan Penambahan Solenoid valve Pada Water Heater terhadap COP (*Coefficient of Performance*) dan Konsumsi Daya Listrik

Untuk menganalisa pendataan penambahan *solenoid valve* pada *water heater* terhadap COP (*Coefficient of Performance*) dan konsumsi daya listrik hal dilakukan adalah:

- a. Tujuan: Apakah pengaruh penambahan solenoid valve di water heater akan mempengaruhi tingkat pendinginan (*Coefficient of Performance*) dan konsumsi daya listrik?
- b. Variabel: X (variable bebas/predictor) = Solenoid valve dan Variabel: Y (variable tak bebas/response) = Tingkat pendinginan (*Coefficient of Performance*) dan konsumsi daya listrik.

| | N | Minimum | Maximum | Mean | Std. Deviation |
|--------------------|----|---------|---------|---------|----------------|
| WH | 76 | 29,7 | 51,5 | 39,26 | 4,3339 |
| W | 76 | 538,20 | 872,00 | 778,184 | 61,28405 |
| COP | 76 | 3,6 | 5,8 | 4,36 | 0,4242 |
| Valid N (listwise) | 76 | | | | |

Gambar 10 Tabel Hasil Data Deskripsi Statistik SPSS 26

a. Pengaruh Solenoid Valve Terhadap Suhu Water Heater (WH)

Berdasarkan Gambar 10 diperoleh signifikansi 0,000 nilai signifikansi tersebut $0.000 < 0.05$, sehingga H0 ditolak, yang berarti rata-rata WH berbeda nyata yang artinya H1 diterima, dengan kata lain penambahan solenoid valve berpengaruh terhadap water heater (Y) dengan rata-rata suhu air panas (WH) berbeda nyata karena adanya perbedaan Perlakuan (X) atau solenoid valve.

Kriteria Keputusan:

- a. Jika probabilitasnya (nilai sig) > 0.05 atau F hitung < F tabel maka H0 tidak ditolak.
- b. Jika probabilitasnya (nilai sig) < 0.05 atau F hitung > F tabel maka H0 ditolak

| Suhu Water Heater (WH) | | | | | |
|------------------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 654.751 | 3 | 218.250 | 20.842 | .000 |
| Within Groups | 753.955 | 72 | 10.472 | | |
| Total | 1.408.705 | 75 | | | |

Gambar 11 Hasil Data Statistik SPSS 26 Pengaruh Solenoid Valve Terhadap Suhu Water Heater (WH)

Berdasarkan Gambar 11 diperoleh populasi yang mempunyai rata-rata suhu Water Heater (WH) sama dikelompokkan menjadi satu subset. Dalam satu subset dikatakan bahwa perbedaan Perlakuan X tidak menyebabkan rata-rata suhu Water Heater (WH) yang berbeda. Pada tabel di bawah terdapat tiga subset, dengan demikian disimpulkan bahwa Subset 1 rata-rata WH perlakuan X1 = 34.795 berbeda nyata dengan rata-rata WH perlakuan X2, X3 dan X4. Subset 2 rata-rata WH perlakuan X2 = 38.696 dan rata-rata WH perlakuan X3 = 40.879 tidak berbeda. Tetapi X2 dan X4 berbeda nyata dan X3 dan X4 tidak berbeda nyata. Subset 3 yaitu X3 dan X4 tidak berbeda nyata.

b. Pengaruh Solenoid valve Terhadap Konsumsi Daya Listrik (W)

Berdasarkan Gambar 12 di bawah diperoleh signifikansi 0,898 nilai signifikansi tersebut $0.895 > 0.05$, sehingga H0 tidak ditolak, yang berarti penambahan solenoid valve tidak berpengaruh terhadap konsumsi daya listrik (Y) dengan rata-rata daya listrik (W) tidak berbeda nyata karena adanya perbedaan Perlakuan (X) atau solenoid valve.

Kriteria Keputusan:

1. Jika probabilitasnya (nilai sig) > 0.05 atau F hitung < F tabel maka H0 tidak ditolak
2. Jika probabilitasnya (nilai sig) < 0.05 atau F hitung > F tabel maka H0 ditolak

| Daya Listrik (W) | | | | | |
|------------------|----------------|----|-------------|------|------|
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 2.347.503 | 3 | 782.501 | .202 | .895 |
| Within Groups | 279.332.595 | 72 | 3.879.619 | | |
| Total | 281.680.097 | 75 | | | |

Gambar 12 Hasil Data Statistik SPSS 26 Pengaruh Seleniod Valve Terhadap Konsumsi Daya Listrik (WH)

Berdasarkan Tabel populasi yang mempunyai rata-rata daya listrik (W) sama dikelompokkan menjadi satu subset. Dalam satu subset dikatakan bahwa perbedaan Perlakuan X tidak menyebabkan rata-rata W yang berbeda. Pada tabel di bawah terdapat satu subset. Dengan demikian disimpulkan bahwa Subset 1 rata-rata daya listrik (W) pada perlakuan X1, X2, X3 dan X4 tidak berbeda nyata.

c. Pengaruh Solenoid valve Terhadap Tingkat Pendinginan (COP)

Berdasarkan Gambar 13 di bawah diperoleh signifikansi 0,000 nilai signifikansi tersebut $0.000 < 0.05$, sehingga H_0 ditolak, yang berarti rata-rata tingkat pendinginan (COP) berbeda nyata yang artinya H_1 diterima, dengan kata lain penambahan solenoid valve berpengaruh terhadap tingkat pendinginan (Y) dengan rata-rata COP berbeda nyata karena adanya perbedaan Perlakuan (X) atau solenoid valve.

Kriteria Keputusan:

1. Jika probabilitasnya (nilai sig) > 0.05 atau F hitung $< F$ tabel maka H_0 tidak ditolak
2. Jika probabilitasnya (nilai sig) < 0.05 atau F hitung $> F$ tabel maka H_0 ditolak

| Tingkat Pendinginan (COP) | | | | | |
|---------------------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 3.496 | 3 | 1.165 | 8.393 | .000 |
| Within Groups | 9.998 | 72 | .139 | | |
| Total | 13.494 | 75 | | | |

Gambar 13 Hasil Data Statistik SPSS 26 Pengaruh Seleniod Valve Terhadap Tingkat Pendinginan (COP)

2. Pembahasan

Pendataan Mesin AC *water heater* menggunakan *Solenoid valve* dilakukan selama 180 menit, atau sebanyak N (76) dengan empat variabel (X) dan delapan variabel (Y). Variabel (X) terdiri dari *solenoid valve* limitasi 35°C, Limitasi 40°C, Limitasi 45°C, dan Limitasi 50°C. variabel (Y) terdiri dari COP dan konsumsi daya listrik

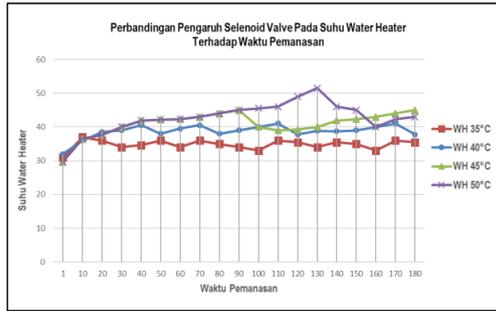
a. Pengaruh Solenoid valve Terhadap Suhu Water Heater (WH)

Water Heater ini mampu menyerap panas dari koil yang sumber panas nya dari panas sensibel pipa *discharge* keluar kompresor, suhu pipa *discharge* akan mempengaruhi suhu air di tangki *water heater*, semakin tinggi suhu pipa *discharge* maka perpindahan panas nya semakin besar.

Besarnya panas yang diserap per menit oleh unit *Water Heater* Kapasitas tangki 20 liter menggunakan konfigurasi koil *water heater* jenis Heliks yaitu sebagai berikut:

1. WH limitasi 35°C sebesar 0,24 kW atau sekitar 7,7 % dari 3,15 kW panas yang dilepas oleh unit kondensor. Suhu rata rata air mencapai 34,79°C.
2. WH limitasi 40°C sebesar 0,25 kW atau sekitar 7,8 % dari 3,21 kW panas yang dilepas oleh unit kondensor. Suhu rata rata air mencapai 38,69°C.
3. WH limitasi 45°C sebesar 0,25 kW atau sekitar 7,9 % dari 3,23 kW panas yang dilepas oleh unit kondensor. Suhu rata rata air mencapai 40,87°C.
4. WH limitasi 50°C sebesar 0,25 kW atau sekitar 7,9 % dari 3,26 kW panas yang dilepas oleh unit kondensor. Suhu rata rata air mencapai 42,66°C.

Berdasarkan grafik terjadi fluktuasi naik turun suhu air disebabkan karena fungsi kerja dari *solenoid valve*, yang mana suhu air di tangki *water heater* dilimitasi oleh pengatur *thermostat* dengan suhu *setting* 35°C, 40°C, 45°C, dan 50°C. pada kondisi ini, *solenoid valve* akan menutup ketika suhu air sudah tercapai dan *solenoid valve* akan membuka kembali jika suhu air mulai turun dibawah suhu *setting*.



Gambar 14 Perbandingan Pengaruh *Solenoid valve* Pada Suhu Water Heater Terhadap Waktu Pemanasan

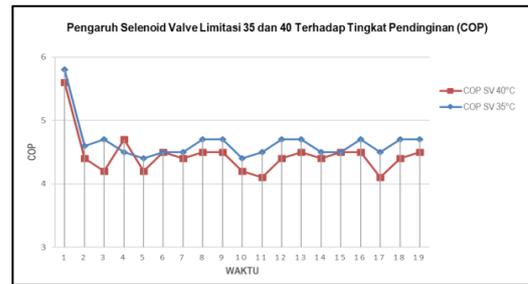
b. Pengaruh *Solenoid valve* Terhadap Konsumsi Daya Listrik (W)

Konsumsi Daya listrik adalah konsumsi listrik dari Mesin Pengkondisian Udara selama pendataan, yaitu perkalian dari data tegangan, arus listrik, dan cos phi. Pada data statistik tabel pada Gambar 15 disebutkan bahwa penambahan *solenoid valve* terhadap konsumsi daya listrik tidak berpengaruh dengan nilai signifikansi 0,895 > 0,05. Jadi setiap perlakuan limitasi *solenoid valve* rata rata daya listrik cenderung sama atau tidak signifikansi.

Pada grafik di Gambar 14 terjadi kenaikan daya listrik yang signifikan pada solenoid valve limitasi 40°C pada saat posisi solenoid valve tertutup. Artinya aliran *refrigerant* terhenti mengalir ke tangki *water heater*, dan terjadi penurunan daya listrik ketika *solenoid valve* membuka. Artinya ketika *solenoid valve* tertutup terjadi kenaikan tekanan tinggi dan penurunan tekanan rendah *refrigerant*, hal ini akan berpengaruh kepada nilai arus kerja dari Mesin AC menjadi naik dan menyebabkan konsumsi daya listrik menjadi naik. Konsumsi daya listrik untuk solenoid valve limitasi 35°C, 45°C, dan 50°C cenderung stabil. Grafik pengaruh kerja *solenoid valve* terhadap fluktuasi daya listrik sebagian terlampir dilampiran.

| Daya Listrik (W) | | | | | |
|------------------|----------------|----|-------------|------|------|
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 2.347.503 | 3 | 782.501 | .202 | .895 |
| Within Groups | 279.332.595 | 72 | 3.879.619 | | |
| Total | 281.680.097 | 75 | | | |

Gambar 15 tabel pengaruh kerja *solenoid valve* limitasi 40°C terhadap konsumsi daya listrik.



Gambar 16 grafik pengaruh kerja *solenoid valve* limitasi 40°C Terhadap Konsumsi Daya Listrik.

| X | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|------|----|-------------------------|------|
| | | 1 | |
| 3 | 19 | 774,4684 | |
| 4 | 19 | 774,9842 | |
| 1 | 19 | 775,4926 | |
| 2 | 19 | 787,7895 | |
| Sig. | | | .912 |

Gambar 17 Hasil Data Statistik SPSS 26 Pendataan Homogenitas Subsets Pada Daya Listrik

Kenaikan konsumsi daya listrik terjadi ketika suhu air *water heater* sudah mencapai 50°C, ini terjadi pada *solenoid valve* limitasi 50°C di menit 130 suhu water sebesar 51,5°C dan daya listrik sebesar 808,4 watt. Pada grafik Gambar 16 dan dijelaskan bahwa semakin tinggi suhu *water heater* konsumsi daya listrik semakin besar.

c. Pengaruh *Solenoid valve* Terhadap Tingkat Pendinginan (COP)

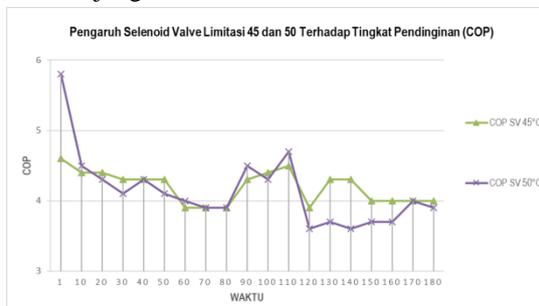
Pada data statistik gambar tabel Gambar 17 disebutkan bahwa penambahan *solenoid valve* terhadap tingkat pendinginan (COP) berpengaruh nilai signifikansi 0,000 < 0,05. Berdasarkan tabel 4.8 dan grafik 4.8 dan grafik 4.9 dapat dijelaskan bahwa terjadi perubahan COP yang signifikan, COP rata rata minimal sebesar 3,6, COP rata rata maksimal sebesar 5,8, dan rata rata keseluruhan 4,36. Penambahan *solenoid valve* ini mampu meningkatkan nilai tingkat pendinginan (COP).



Gambar 18 Grafik Perbandingan Pengaruh *Solenoid valve* Limitasi 35°C dan 40°C Terhadap Tingkat Pendinginan (COP)

Pada grafik Gambar 18 pengaruh penambahan solenoid valve pada limitasi suhu *water heater* 35°C terjadi peningkatan tingkat pendinginan (COP) rata rata sebesar 4,67 dibanding solenoid valve pada limitasi suhu *water heater* 40°C sebesar 4,45. Semakin rendah suhu *water heater* COP akan meningkat karena air di tangki akan menyerap panas lebih banyak dari koil *water heater*, sehingga panas yang dilepas oleh kondensor lebih banyak dan meningkatkan nilai *subcool* pada kondensor. Semakin besar nilai *subcool* maka COP akan meningkat.

1. Jumlah Panas yang dilepas oleh kondensor solenoid valve limitasi 35°C sebesar 162 Kj/Kg.
2. Jumlah Panas yang dilepas oleh kondensor solenoid valve limitasi 40°C sebesar 160,6 Kj/Kg.



Gambar 19 Grafik Perbandingan Pengaruh *Solenoid valve* Limitasi 45°C dan 50°C Terhadap Tingkat Pendinginan (COP)

Pada Gambar di atas pengaruh penambahan solenoid valve pada limitasi suhu *water heater* 45°C dan 50°C tingkat pendinginan (COP) rata rata sebesar 4,19 dan 4,13. COP menurun dari Limitasi 35°C dan 40°C. Semakin tinggi suhu *water heater* COP akan menurun karena air di tangki akan menyerap sedikit panas dari koil *water heater*. Proses penyerapan panas akan menurun dan pendinginan kondensor menurun sehingga nilai *subcool* pada kondensor kecil. Semakin kecil nilai *subcool* maka COP akan menurun.

1. Jumlah Panas yang dilepas oleh kondensor *solenoid valve* limitasi 45°C sebesar 159,3 Kj/Kg.
2. Jumlah Panas yang dilepas oleh kondensor *solenoid valve* limitasi 50°C sebesar 156,9 Kj/Kg.

Pengaruh penambahan *solenoid valve* terhadap tingkat pendinginan (COP) dinyatakan berhasil. Tingkat pendinginan (COP) rata rata meningkat dan terjadi perbedaan yang signifikan karena ada perlakuan variabel X. Konsumsi daya listrik (W) rata rata cenderung sama dan tidak

berbeda nyata yang signifikan karena ada perlakuan variabel X. Suhu *water heater* (WH) dinyatakan berhasil karena suhu rata rata meningkat dan terjadi perbedaan yang signifikan karena ada perlakuan variabel X. Karena konsumsi daya listrik (W) tidak berbeda nyata pada semua perlakuan, maka untuk memutuskan perlakuan mana yang harus dipilih dipakai logika prioritas bagi kelompok masyarakat diperumahan.

KESIMPULAN

Secara keseluruhan pengaruh penambahan solenoid valve tipe 3-Way Valve tegangan 220 VAC merek Daikin terhadap tingkat pendinginan (COP) dan konsumsi daya listrik (Watt) pada tangki *water heater* jenis koil pemanas Heliks kapasitas 20 liter menggunakan Mesin *Air conditioner* merek AKARI model (AC-0978PLWk) tipe split wall jenis Non Inverter atau standar dengan kapasitas pendinginan 1 HP (9000 Btu/h) dikatakan berhasil. Pengaruh Pemanfaatan *solenoid valve* tipe 3-Way Valve tegangan 220 VAC merek Daikin terhadap tingkat pendinginan (COP) dan konsumsi daya listrik cukup signifikan pada setiap nilai variabel nya yaitu:

1. *Solenoid valve* limitasi 35°C menghasilkan COP sebesar 4,67, jika dikorelasikan dengan konsumsi daya listrik sebesar 775,49 watt artinya COP meningkat dan konsumsi daya listrik menurun. Hal ini dipengaruhi oleh nilai *subcool* yang besar sehingga tekanan kerja Mesin AC menurun.
2. *Solenoid valve* limitasi 40°C menghasilkan COP sebesar 4,45, jika dikorelasikan dengan konsumsi daya listrik sebesar 787,78 watt artinya COP menurun dan konsumsi daya listrik meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh nilai *subcool* yang kecil sehingga tekanan kerja Mesin AC meningkat.
3. *Solenoid valve* limitasi 45°C menghasilkan COP sebesar 4,19, jika dikorelasikan dengan konsumsi daya listrik sebesar 774,46 watt artinya tidak terjadi peningkatan yang signifikan dari COP. Hal ini dipengaruhi oleh nilai *subcool* yang kecil dikarenakan suhu *water heater* meningkat sebesar 40,87°C, sehingga panas yang dilepas oleh kondensor menurun dan tekanan kerja Mesin AC meningkat.
4. *Solenoid valve* limitasi 50°C menghasilkan COP sebesar 4,13, jika dikorelasikan dengan konsumsi daya listrik sebesar 774,98 watt artinya tidak terjadi peningkatan yang signifikan dari COP. Hal ini dipengaruhi oleh nilai *subcool* yang kecil dikarenakan suhu *water heater* meningkat sebesar 42,66°C,

sehingga panas yang dilepas oleh kondensor menurun dan tekanan kerja Mesin AC meningkat.

Dari ke empat nilai variabel kesimpulan di atas, jika dikorelasikan dengan suhu ideal mandi air panas untuk manusia sebesar 38,3°C, atau tidak lebih dari 41°C, maka solenoid limitasi 40°C yang paling efektif. Hal ini dikarenakan selain suhu air panas yang ideal, juga COP yang dihasilkan meningkat sebesar 4,45, dan konsumsi daya listrik pun menurun sebesar 787,78 watt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azridjal Aziz, Herisiswanto, Hardianto Ginting, Noverianto Hatorangan, Wahyudi Rahman, SNTI IV-2014. Universitas Trisakti. "Analisis Kinerja Air Conditioning Sekaligus Sebagai Water Heater (ACWH)".
- [2] Azridjal Aziz, Joko Harianto, Afdhal Kurniawan Mainil. 2015. "Potensi Pemanfaatan Energi Panas Terbuang Pada Kondensor AC Sentral Untuk Pemanas Air Hemat Energi".
- [3] Carrier Air Conditioning Company. (1965). *Hand Book of Air Conditioning System Design*. New York:Mcgraw-Hill Book Company.
- [4] Dossat, R.J. (1961). *Principles of Refrigeration*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- [5] Engkos Koswara, Asep Rachmat, Saepul Mahmud. 2019. "Kaji Eksperimen Performa AC ½ PK Menggunakan Water Heater".
- [6] Fajri Chairbowo dan Djatmiko Ichsani, JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5 No. 2 (2016) ISSN: 2337-3539 "Rancang Bangun dan Studi Eksperimen Alat Penukar Panas untuk Memanfaatkan Energi Refrigerant Keluar Kompresor AC sebagai Pemanas Air pada $ST/D=8$ dengan Variasi Volume Air".
- [7] Ika Yulyani, Jurnal Teknik Energi Polban. 2011. "Optimalisasi Kinerja Air Conditioner Water Heater (AWH) Dengan Mengatur Dimensi Koil Pemanas Air"
- [8] Jie Ji, *Domestic Air Conditioner and Integrated Water Heater for Subtropical Climate*, Journal Applied Thermal Engineering 23(2003) 581-592.2003.
- [9] Jie Ji, Tin-tai Chow, Gang Pei, Jun Dong, Wei He. 2003. "prototipe mesin pengkondisian udara tipe split yang dapat memiliki multi fungsi".
- [10] Lesley Z. Wangean 2 Fransiska Lintong 2 Jimmy F. Rumampuk. 2016." Pengaruh lamanya paparan energi panas terhadap suhu tubuh dengan metode mandi uap pada wanita dewasa". Jurnal e-Biomedik (eBm), Volume 4, Nomor 1.
- [11] Luh Putu Ike Midiani, Jurnal Logic. Vol. 16. No. 3. Nopember 2016. "Analisis Performansi Integrasi Heat Recovery Pada Sistem Pengkondisian Dengan Pengaturan Debit Air Masuk".
- [12] Martin Luther King, Iskandar Husin, Hermanto, Jurnal Teknik Mesin, Vol.1, No. 2, hal.95-99, Desember 2018, p-ISSN: 2621-3354," Eksperimental Kinerja Sistem Refrigerasi Air Conditioner Split Terhadap Parameter Pengujian Dengan Kombinasi Pemanfaatan Dan Pemasangan Water Heater Listrik".