

Rancang Bangun Pemanas Air dengan Memanfaatkan *Discharge Line* pada AC Split

Ridwan Aliansyah^{1,*}, Bowo Yuli Prasetyo², Windy Hermawan Mitrakusuma³

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
Email: ^{1,*}ridwanaliansyah09451@gmail.com, ²bowo_yuli@polban.ac.id, ³windyhm@polban.ac.id

ABSTRAK

Air conditioning dan *water heater* merupakan salah satu dari banyaknya sistem yang dibutuhkan oleh keseharian manusia. Penggunaan *air conditioning* dan *water heater* secara bersamaan memerlukan banyak energi. Dengan modifikasi *air conditioning* pada *discharge line* ini dapat dimanfaatkan untuk membuat *water heater* yang lebih hemat energi. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan kalor yang terbuang sebagai media untuk memanaskan air dengan menambahkan *heat exchanger*. *Heat exchanger* berjenis *bare tube* yang dirangkai secara *helical tube* dipasang berderet atau seri dengan kondenser. Hasil dari penelitian ini didapatkan kapasitas dari *bare tube* adalah 3140 kJ/s. Nilai efisiensi *cooling* sistem adalah 87,87% dan nilai efisiensi *heating* adalah 89,04%. Air berhasil dipanaskan dari temperatur awal air sebesar 27°C hingga 50°C dalam waktu 40 menit.

Kata Kunci

Air Conditioning, Heat Recovery, Bare Tube, Discharge

1. Pendahuluan

Air conditioning (AC) dan *water heater* (pemanas air) merupakan dua sistem yang sangat berbeda. AC adalah suatu alat yang digunakan untuk mengondisikan udara sekitar menjadi lebih dingin atau sejuk. Pada sistem AC terdapat beberapa komponen diantaranya, yaitu evaporator, kompresor, kondenser, dan alat ekspansi. Pada komponen-komponen tersebut selain dapat menghasilkan dingin, ada juga komponen penghasil panas sebagai media pembuang kalor, yaitu kondenser. Sedangkan *water heater* merupakan sistem untuk memanaskan air dengan cara memberi panas pada air melalui media pemanas, media yang digunakan bisa berupa dari panas matahari, tenaga gas atau tenaga listrik[1].

Air conditioning dan *water heater* memerlukan energi yang cukup besar untuk menjalankan sistem. Bila dipandang dari penggunaan energi, pelepasan kalor pada sistem *air conditioning* masih dapat dimanfaatkan untuk membuat *water heater* bebas energi[2]. *Heat recovery* adalah sistem yang akan diterapkan untuk merancang *water heater* yang memanfaatkan kalor yang terbuang dari sistem AC. Cara yang digunakan, yaitu dengan menambahkan alat penukar panas (*heat exchanger*) pada bagian *discharge line* yang dilengkapi *water tank* untuk menampung air yang akan dipanaskan. Sehingga penggunaan energi

pada *air conditioning* dan *water heater* tidak memerlukan energi yang besar.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan kalor yang terbuang sebagai media untuk memanaskan air yang bisa digunakan untuk keperluan manusia tanpa perlu adanya penambahan pemasangan *electric heater*.

2. Metode

Spesifikasi Unit

Perancangan ini menggunakan AC *split* dengan kapasitas 9000 Btu/h dari brand Hisense dengan nomor seri AN09CDG dan menggunakan refrigeran R32. Air yang dipanaskan adalah 21 liter dengan tujuan untuk kepentingan mandi manusia. Untuk spesifikasi dari unit AC ditunjukkan pada Tabel 1

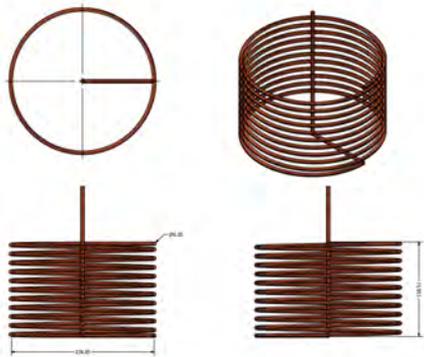
Tabel 1. Spesifikasi Unit

Parameter	Nilai
<i>Power Supply</i>	220-240 V, 1 Ph, 50 Hz
<i>Cooling Capacity</i>	9000 Btu/h
<i>Input Power Cooling</i>	793 W
<i>Current</i>	3.7 A
<i>Refrigerant Type</i>	R32
<i>Refrigeran Piping</i>	1/4 & 3/8 inch

Heat Exchanger

Heat exchanger yang digunakan pada sistem untuk memanaskan air berjenis *bare tube* dengan

model rangkain pipa *helical tube* dengan tujuan agar perpindahan panas yang ada pada *water tank* lebih merata. *Heat exchanger* disusun secara berderet atau seri dengan kondenser[3]. Kapasitas *bare tube* menyesuaikan dengan kapasitas kondenser atau, pipa yang digunakan untuk membuat *bare tube* adalah 1/4 inch dan ketebalan dari pipa adalah 0,00076 m dengan jarak antara putara pipa adalah 1,5 cm. Kontruksi dari *bare tube* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kontruksi Bare Tube

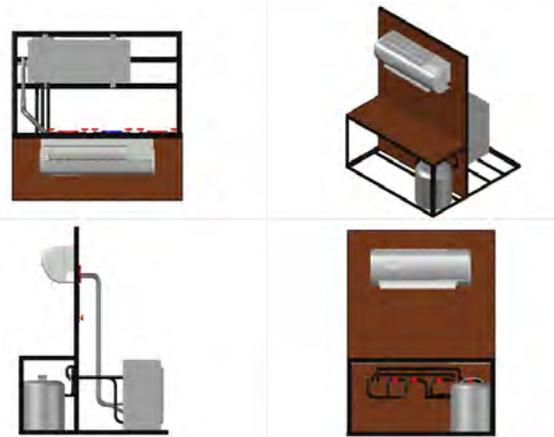
Kontruksi Unit

Dalam perancangan sistem *heat recovery* akan menggunakan panci sebagai media untuk menampung air yang akan dipanaskan, dilengkapi dengan insulasi dengan *rockwool* dan *aluminium foil*. Panci yang digunakan berbahan dari *stainless steel* dengan ketebalan 1 mm dan ketebalan dari *rockwool* dan *aluminium foil* masing-masing adalah 50 mm dan 5 mm. Kontruksi dari *heat recovery* dapat dilihat pada Gambar 2.



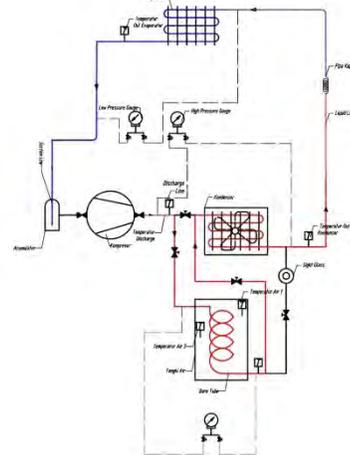
Gambar 2. Kontruksi Water Tank

Sementara kontruksi keseluruhan dari sistem yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kontruksi Keseluruhan

Adapun diagram pemipaan dari sistem yang akan dibuat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Pemipaan

Perhitungan panjang *bare tube* yang akan digunakan dapat menggunakan persamaan (1),(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8),(9),(10),(11)[4],[12][5].

Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui kapasitas *bare tube*.

$$Q_c = \frac{Q_e}{(h_1 - h_4)} \times (h_2 - h_3) \quad (1)$$

Dengan,

- Q_c = kapasitas *bare tube* (watt)
- Q_e = kapasitas evaporator (watt)
- h_1 = entalpi keluaran evaporator (kJ/kg)
- h_2 = entalpi keluaran kompresor (kJ/kg)
- $h_3=h_4$ = entalpi keluaran kondenser (kJ/kg)

Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui besaran laju aliran massa.

$$\dot{m} = \frac{Q_e}{h1 - h3} \quad (2)$$

Dengan,

- \dot{m} = laju aliran massa refrigeran (kg/s)
- Q_e = kapasitas evaporator (kW)
- $h1$ = entalpi keluaran evaporator (kJ/kg)
- $h3$ = entalpi keluaran kondenser (kJ/kg)

Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui besaran laju aliran volume.

$$X = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (3)$$

Dengan,

- X = laju aliran volume refrigeran (m²/s)
- \dot{m} = laju aliran massa refrigeran (kg/s)
- ρ = massa jenis *liquid* refrigeran (kg/m³)

Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui besaran kecepatan aliran.

$$v = \frac{X}{\frac{\pi}{4} \times d_i^2} \quad (4)$$

Dengan,

- v = kecepatan aliran refrigeran (m/s)
- X = laju aliran volume refrigeran (m²/s)
- d_i = diameter dalam pipa (m)
- π = jari-jari pipa (m)

Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui besaran bilangan *Reynolds*.

$$Re = \frac{v \times d_i}{\vartheta} \quad (5)$$

Dengan,

- Re = bilangan *reynolds*
- v = kecepatan aliran refrigeran (m/s)
- ϑ = viskositas kinematik (m²/s)
- d_i = diameter dalam pipa (m)

Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui besaran bilangan *prandlt*.

$$Pr = \frac{\mu \times c}{\lambda} \quad (6)$$

Dengan,

- Pr = bilangan *prandlt*
- μ = viskositas dinamis (kg/(m s))
- c = *specific heat vapor* (J/(kg K))
- λ = *thermal conductivity vapor* (W/ (m K))

Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui besaran bilangan *nusselt*.

$$Nu = 0.0023 \times Re^{0.8} \times Pr^{0.4} \quad (7)$$

Dengan,

- Nu = bilangan *nusselt*
- Re = bilangan *reynolds*

Pr = bilangan *prandlt*

Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui besaran koefisien konveksi bagian dalam.

$$hi = \frac{Nu \times \lambda}{d_o} \quad (8)$$

Dengan,

- hi = koefisien konveksi bagian dalam
- Nu = bilangan *nusselt*
- λ = *thermal conductivity* (W/ (m K))
- d_o = diameter luar pipa (m)

Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui besaran koefisien perpindahan panas menyeluruh.

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{ho}\right) + \left(\frac{d_o - d_i}{k}\right) + \left(\frac{1}{hi}\right)} \quad (9)$$

Dengan,

- U = koefisien perpindahan panas menyeluruh (W/(m²K))
- d_o = diameter luar pipa (m)
- d_i = diameter dalam pipa (m)
- K = konduktivitas *thermal* (W/(m K))(401 W/(m²K)[5])
- ho = koefisien konveksi bagian luar(2500 W/(m²K)[6].)

Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui besaran luas penampang.

$$A = \frac{Q}{U \times LMTD} \quad (10)$$

$$P = \frac{A}{\pi \times d_o} \quad (11)$$

Dengan,

- A = luas penampang (m²)
- Q = kapasitas *bare tube* (W)
- U = koefisien perpindahan panas (W/(m²K))
- $LMTD$ = *log mean temperature difference* (°C)
- P = panjang pipa (m)
- A = luas penampang pipa (m²)
- d_o = diameter luar pipa (m)

Berikut merupakan persamaan untuk mengetahui nilai *LMTD*.

$$LMTD \text{ flow} = \frac{dt_i - dt_o}{\ln \left(\frac{dt_i}{dt_o}\right)} \quad (12)$$

Dengan[7],

- dt_i = temperatur refrigeran masuk – temperatur air akhir (°C)
- dt_o = temperatur refrigeran akhir – temperatur air awal (°C)

Pengujian

Terdapat beberapa parameter yang untuk meninjau performa yang dihasilkan oleh sistem, diantaranya tekanan *in* evaporator, tekanan *suction*, tekanan *discharge*, tekanan *in bare tube*, tekanan *out bare tube*, temperatur *out* evaporator, temperatur *discharge*, temperatur evaporasi, temperatur kondensasi, temperatur *out* kondenser, temperatur *out bare tube*, arus, tegangan, dan temperatur air. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem dengan variasi pemipaan yang ditambahkan *bare tube*.

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data untuk menentukan kinerja sistem adalah *Pressure Gauge*, *Pico*, *Multimeter*, Termokopel, Anemometer.

Penilaian kinerja sistem dapat diketahui menggunakan persamaan (13),(14)[8].

$$COP_{aktual} = \frac{(h1 - h4)}{(h2 - h1)} \quad (13)$$

Dengan,

h1 = entalpi keluaran evaporator (kJ/kg)

h2 = entalpi keluaran kompresor (kJ/kg)

h3=h4 = entalpi masuk evaporator (kJ/kg)

$$COP_{Carnot} = \frac{T_E}{T_K - T_E} \quad (14)$$

Dengan,

T_E = temperatur evaporasi (K)

T_K = temperatur kondensasi (K)

Adapun tolak ukur untuk memastikan kinerja efisiensi suatu sistem refrigerasi yang mendefinisikan sebagai perbandingan antara COP_{aktual} dan COP_{Carnot} dengan persamaan (15)[8].

$$\eta = \frac{COP_{aktual}}{COP_{Carnot}} \quad (15)$$

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

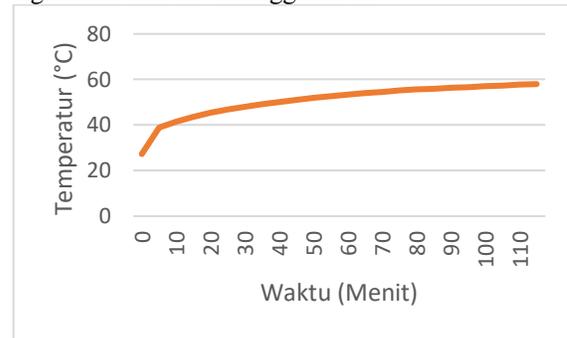
Sistem yang dirancang berhasil dibuat dan berhasil memanaskan air dari temperatur 27°C hingga 50°C dalam waktu 40 menit. Untuk melihat data pada menit ke-40 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sampel Pengambilan Data

NO	Parameter	Nilai
1	Tekanan <i>In</i> Evaporator	160 Psi
2	Tekanan <i>Suction</i>	155 Psi
3	Tekanan <i>Discharge</i>	430 Psi
4	Tekanan <i>in Bare Tube</i>	425 Psi
5	Tekanan <i>Out Bare Tube</i>	405 Psi
6	Temperatur <i>Out</i> Evaporator	14,998°C

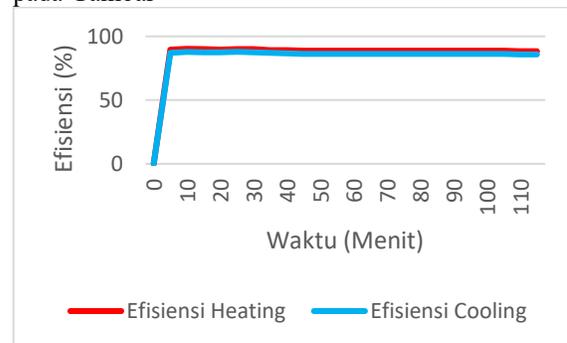
7	Temperatur <i>Discharge</i>	78,80°C
8	Temperatur <i>Evaporasi</i>	11,82°C
9	Temperatur <i>Kondensasi</i>	48,87°C
10	Temperatur <i>Out</i> Kondenser	32,46°C
11	Temperatur <i>Out Bare Tube</i>	45,90°C

Pada sistem *heat recovery* temperatur air meningkat cukup cepat dari awal mula temperatur air pada menit ke-0 dengan nilai 27°C menjadi 40°C dalam kurun waktu 10 menit ini dikarenakan temperatur *discharge* yang meningkat cepat karena sistem baru dinyalakan, pada menit 15 hingga menit 115 temperatur meningkat secara signifikan dari 41°C hingga 58°C.



Gambar 5. Grafik Temperatur Air

Pada sistem *heat recovery* nilai efisiensi memiliki nilai yang konstan di 86%, namun ada peningkatan dan penurunan nilai efisiensi pada menit ke-5 hingga menit ke-45 tetapi tidak terlalu signifikan. Pada menit ke-85 nilai Efisiensi *Cooling* hingga menit ke-115 konstan dengan nilai 82 %. Pada sistem *heat recovery* nilai efisiensi *heating* memiliki nilai yang konstan dari menit ke-5 hingga menit ke-115, nilai efisiensi *heating* pada sistem *heat recovery* ini memiliki nilai rata-rata 90 % dan konstan hingga menit akhir. Grafik nilai efisiensi sistem ditunjukkan pada Gambar



Gambar 6. Grafik Efisiensi

4. KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan pada Rancangan sistem *heat recovery* telah berhasil memanaskan air dengan volume 21 liter hingga 50°C di menit ke-40, temperatur air akan terus meningkat hingga menyesuaikan dengan temperatur *discharge*. Akan tetapi pengambilan data hanya dilakukan hingga menit ke-115 dengan temperatur air mencapai 58°C. Efisiensi sistem sebelum penambahan sistem *heat recovery* hanya sebesar 81% lalu meningkat menjadi 89,04%.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Hadi, "Rancang Bangun Acwh (Air Conditioner Water,," 2020.
- [2] A. PERMANA, "PEMANFAATAN ENERGI KALOR PADA AC SPLIT 2PK UNTUK MEMANASKAN AIR DENGAN PENUKAR PANAS JEN," *Prog. Retin. Eye Res.*, vol. 561, no. 3, pp. S2–S3, 2019.
- [3] S. Nandiati, M. R. Kirom, and T. A. Ajiwiguna, "Evaluasi Kinerja Pada Berbagai Variasi Susunan Heat Exchanger Menggunakan Metode LmtD Dan Ntu Evaluation of Heat Exchanger Configuration Variate Performance Using LmtD and Ntu Methods," *e-Proceeding Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 5058–5065, 2019.
- [4] Holman, "Heat Transfer," *Vis. Resour.*, vol. 15, no. 3, pp. ix–x, 1999, doi: 10.1080/01973762.1999.9658510.
- [5] S. F. Pangestu, "Analisis Konduktivitas Termal Material Logam Menggunakan Metode Searle," vol. 4, no. 1, pp. 44–48, 2023.
- [6] E. Toolbox, "Convective Heat Transfer,," 2003. The Engineering ToolBox (2003). Convective Heat Transfer.
- [7] Harini, "Analisis Perhitungan Laju Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Type Pipa Ganda Di Laboratorium Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 4, no. 2, pp. 51–61, 2017, doi: 10.21009/jkem.4.2.1.
- [8] W. H. Mitrakusuma, "Buku I Bahan Ajar Program Studi : Teknik Pendingin Dan Tata Udara Jurusan : Teknik Refrigerasi

Dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung," pp. 1–288, 2009.