

Optimasi *Heat Recovery* Dengan Pembangkit Aliran Berpusar

Kadek Ardhi Putra Dwipayana^{1*}, Putu Wijaya Sunu², Ketut Bangse³

^{1,2,3} Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas-MEP, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung, Bali 80364, Indonesia

*Corresponding Author: ardiputra2407@gmail.com

Abstrak: Konservasi energi adalah suatu aktivitas rekayasa untuk penghematan energi, tanpa mengorbankan prinsip teknis, keamanan, kenyamanan sehingga diperoleh *cost* yang paling optimal dan efisien sesuai harapan. Yang menjadi latar belakang diperlukannya konservasi energi adalah adanya pemborosan pemakaian energi, terbatasnya ketersediaan energi dan adanya indikasi harga energi semakin mahal. Adapun jenis penelitian yang penulis uraikan dalam proyek akhir ini adalah Optimasi Heat Recovery Dengan Pembangkit Aliran Berpusar. Perancangan ini membahas tentang metode eksperimen dan rancang bangun untuk mengetahui Heat recovery dalam konteks bangunan dan servis adalah pengambilan dan penggunaan kembali panas yang dihasilkan dari proses yang ada yang biasanya terbuang begitu saja. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan mengenai optimasi heat recovery dengan pembangkit aliran berpusar maka diperoleh instalasi penelitian ini telah dilakukan variasi aliran volume air yaitu 18 LPM, 16 LPM, 14 LPM, 12 LPM dengan menggunakan 3 fan dan tanpa menggunakan 3 fan pada heat recovery. Berikut adalah data hasil pengukuran temperatur di heat recovery dengan 3 fan pada laju massa air 0,30 kg/s yang dapat diterangkan pada Dari pengujian yang dilakukan pada heat recovery AC Split dengan menggunakan 3 fan memperoleh laju perpindahan panas (*Qreal*) sebesar 0,11% - 39,57%. Dari pengujian pengaruh volume air yang telah dilakukan dapat disimpulkan semakin kecil volume air maka hasil *Qreal* (laju perpindahan panas) semakin besar.

Kata Kunci: konservasi energi, heat recovery

Abstract: Energy conservation is an engineering activity to save energy, without compromising on technical principles, safety, comfort so that the most optimal and efficient cost is obtained as expected. The background of the need for energy conservation is the waste of energy use, the limited availability of energy and the indications that energy prices are getting more expensive. This design discusses experimental methods and designs to find out Heat recovery in the context of buildings and services is the collection and reuse of heat generated from existing processes which is usually wasted. Based on the tests that have been carried out regarding the optimization of heat recovery with a vortex flow generator, it is found that this research installation has carried out variations in water volume flow, namely 18 LPM, 16 LPM, 14 LPM, 12 LPM using 3 fans and without using 3 fans in heat recovery. The following is the data on the results of temperature measurements in heat recovery with 3 fans at a water mass rate of 0.30 kg/s which can be explained in from the tests carried out on heat recovery AC Split using 3 fans obtained a heat transfer rate (*Qreal*) of 0.11 % - 39.57%. From testing the effect of the volume of water that has been carried out, it can be concluded that the smaller the volume of water, the higher the *Qreal* (heat transfer rate) results. Keywords: energy conservation, heat recovery

Keywords: energy conservation, heat recovery

Informasi Artikel: Pengajuan Repository pada September 2022/ Submission to Repository on September 2022

Pendahuluan

Konservasi energi adalah suatu aktivitas rekayasa untuk penghematan energi, tanpa mengorbankan prinsip teknis, keamanan, kenyamanan sehingga diperoleh *cost* yang paling optimal dan efisien sesuai harapan. Yang menjadi latar belakang diperlukannya konservasi energi adalah adanya pemborosan pemakaian energi, terbatasnya ketersediaan energi dan adanya indikasi harga energi semakin mahal.[1] Pada sistem refrigerasi yang digunakan pada refrigerator maupun pada AC, menggunakan berbagai refrigeran. Misalnya untuk AC refrigeran yang digunakan; R22, R134a, R410a dll, sedangkan untuk refrigerator misalnya; R134a, R407c, R404a dll. Masing-masing refrigeran yang digunakan baik untuk AC maupun untuk refrigerator memiliki peluang *heat recovery* yang berbeda-beda. Untuk itu pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem refrigerasi untuk mengkaji besaran *heat recovery* yang bisa didapatkan pada berbagai refrigeran yang sejenis. Di samping itu, juga untuk mengetahui efek yang ditimbulkan akibat penambahan alat *heat recovery* pada sistem refrigerasi terhadap performansi dari system. [2,3] *Heat recovery* adalah suatu metode pengurangan penggunaan energi secara keseluruhan karena itu akan mengurangi biaya operasional. *Heat recovery* dalam konteks bangunan dan servis adalah pengambilan dan penggunaan kembali panas yang dihasilkan dari proses yang ada yang biasanya terbuang begitu saja. Pada sistem refrigerasi dan pengkondisian udara, panas yang terbuang terjadi pada komponen kondensor. Sekitar 20% panas yang terbuang di kondensor terjadi pada proses *de- superheating* dan sebagian besar pada proses kondensasi [4] Refrigerasi adalah suatu proses penyerapan panas dari suatu zat atau produk sehingga temperaturnya berada di bawah temperatur lingkungan. Mesin refrigerasi atau disebut juga mesin pendingin adalah mesin yang dapat menimbulkan efek refrigerasi tersebut, sedangkan refrigeran adalah zat yang digunakan sebagai fluida kerja dalam proses penyerapan panas.[5] Alat penukar

panas (*heat exchanger*) adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas antara dua buah fluida atau lebih yang memiliki perbedaan temperatur yaitu fluida yang bertemperatur tinggi kefluida yang bertemperatur rendah. Perpindahan panas tersebut baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Pada kebanyakan sistem kedua fluida ini tidak mengalami kontak langsung. Kontak langsung alat penukar kalor terjadi sebagai contoh pada gas kalor yang terfluidisasi dalam cairan dingin untuk meningkatkan temperatur cairan atau mendinginkan gas. [6,7,8]

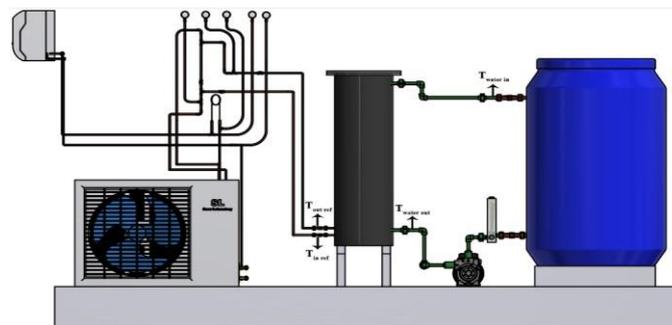
Penukar kalor (*heat exchanger*) adalah sebuah alat yang digunakan untuk memindahkan panas antara dua atau lebih fluida. Perkembangan alat penukar kalor menuju keringkasn ukuran, tetapi dengan kemampuan pertukaran kalornya yang semakin meningkat. Perbaikan peningkatan kuantitas laju perpindahan panas dari semua jenis penukar kalor telah diaplikasikan dalam dunia industri, diantaranya dalam: proses pengambilan panas kembali (*heat recovery processes*), pendingin udara dan sistem refrigerasi, dan reaktor-reaktor kimia. Sampai saat ini beberapa teknik peningkatan perpindahan panas pada penukar kalor telah banyak dikembangkan. Efektivitas perpindahan panas dari sebuah penukar kalor dipengaruhi oleh banyak hal, salah satunya adalah jenis aliran dalam pipa penukar kalor. Aliran yang turbulen diketahui memiliki nilai perpindahan panas yang lebih baik dibandingkan dengan jenis aliran laminar. Dengan meningkatkan turbulensi aliran fluida dalam pipa penukar kalor, diharapkan koefisien perpindahan panas konveksinya akan meningkat.[9]

LMTD adalah rata-rata logaritmik dari perbandingan suhu antara aliran panas dan dingin disetiap akhir *exchanger*. Semakin besar LMTD, maka semakin banyak panas yang ditransfer dengan arah aliran konstan dan sifat termal fluida [10]

Metode

Adapun jenis penelitian yang penulis uraikan dalam proyek akhir ini adalah Optimasi Heat Recovery Dengan Pembangkit Aliran Berpusar. Perancangan ini membahas tentang metode eksperimen dan rancang bangun untuk mengetahui Heat recovery dalam konteks bangunan dan servis adalah pengambilan dan penggunaan kembali panas yang dihasilkan dari proses yang ada yang biasanya terbuang begitu saja.

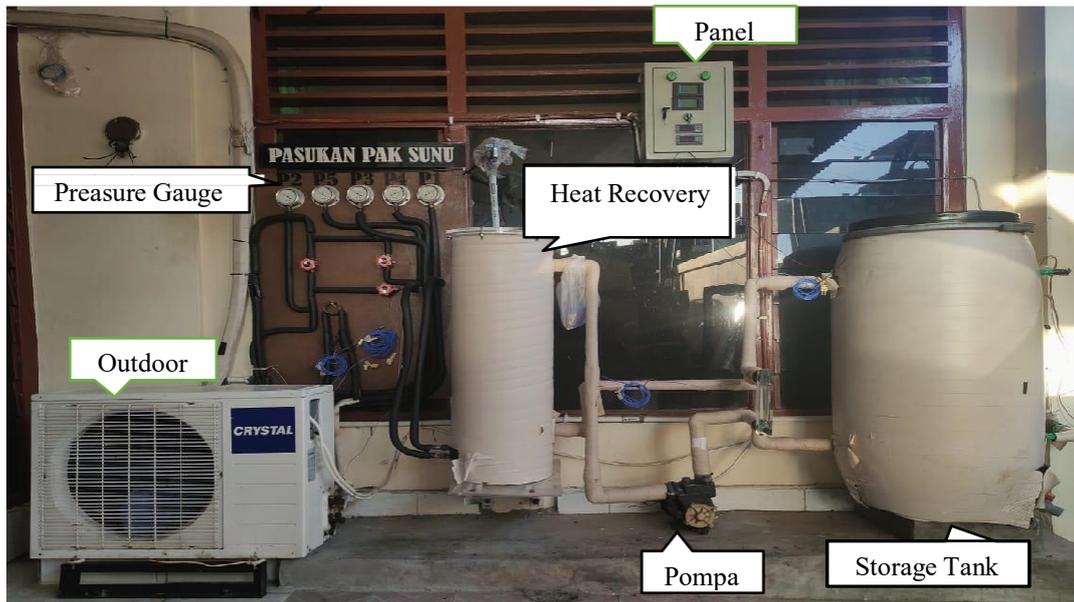
Pada sistim refrigerasi dan pengkondisian udara, panas yang terbuang terjadi pada komponen kondensor. Sekitar 20% panas yang terbuang di kondensor terjadi pada proses desuperheating dan sebagian besar pada proses kondensasi. Panas yang terbuang ini punya potensi untuk diman faatkan kembali, misalnya untuk memanaskan air keperluan mandi.



Gambar 1 Desain AC Split dengan Heat Recovery

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan mengenai optimasi *heat recovery* dengan pembangkit aliran berpusar maka diperoleh instalasi penelitian seperti pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 AC split dengan heat recovery

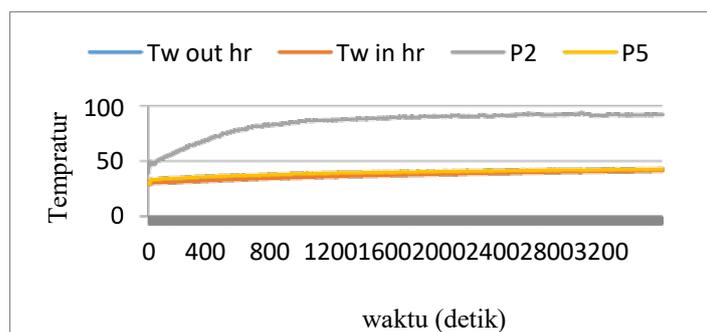
Untuk debit air 18 LPM = 0,0003m³/s. Maka laju aliran masa air,

$$\begin{aligned} \dot{m}_{\text{air}} &= \rho_{\text{air}} (\text{kg/s}) \cdot q_{\text{air}} (\text{m}^3/\text{s}) \\ &= 1000(\text{kg}/\text{m}^3) \cdot 0,0003(\text{m}^3/\text{s}) \\ &= 0,30\text{kg}/\text{s} \end{aligned}$$

Pada penelitian ini telah dilakukan variasi aliran volume air yaitu 18 LPM, 16 LPM, 14 LPM, 12 LPM dengan menggunakan 3 fan dan tanpa menggunakan 3 fan pada *heat recovery*. Berikut adalah data hasil pengukuran temperatur di *heat recovery* dengan 3 fan pada laju massa air 0,30 kg/s yang dapat diterangkan pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 1 Data hasil pengujian heat recovery dengan 3 fan pada laju aliran massa air 0,30 kg/s

No	T5	T2	Tw out hr	Tw in hr
1	26	39,6	30	29,9
2	26	39,6	30	29,9
3	26	40,8	29,9	29,9
4	26,1	42,5	29,9	29,8
5	26,3	44,2	29,9	29,1
6	27,7	45,8	29,9	29,1
7	28,3	45,8	29,9	29,1
8	29	47,2	30	29,1
9	29	48,2	30,1	29,1
10	29,8	48,8	30,2	29,3
.
.
.
3600	42,7	92,1	42,6	41,3
Rata-Rata	39,5784	84,8499	37,8827	36,7922



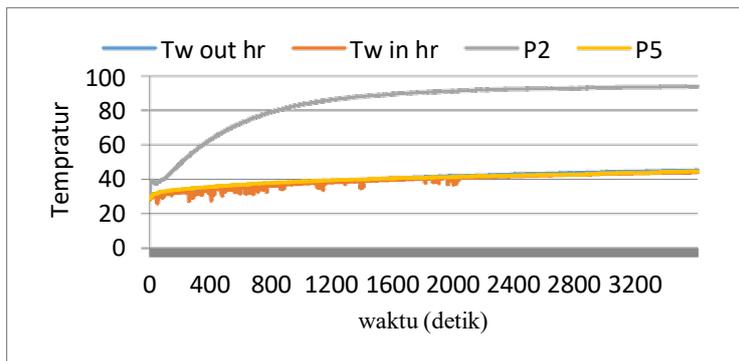
Gambar 3 Temperatur heat recovery dengan 3 fan pada laju aliran massa air 0,30 kg/s

Data hasil pengukuran temperatur di *heat recovery* tanpa 3 fan pada laju massa air 0,30 kg/s yang dapat diterangkan pada

Tabel.2 dibawah ini.

Tabel 3 Data hasil pengujian heat recovery tanpa 3 fan pada laju aliran massa air 0,30 kg/s

No	T5	T2	Twout hr	Tw in hr
1	29,3	29,5	36,8	28,9
2	29,3	29,5	36,8	28,9
3	29,3	32,9	30,8	28,9
4	29,3	35,1	30,2	37,3
5	29,4	36,4	30,2	37,3
6	29,5	37,9	29,5	36,2
7	29,6	37,9	29,5	34
8	29,7	39,1	29,5	32,7
9	29,7	39,8	29,5	31,8
10	29,9	39,8	29,4	31,2
.
.
.
3600	44,7	94,4	46,7	45,6
Rata-rata	40,7711	83,6434	41,0354	40,488



Gambar 4 Temperatur heat recovery tanpa 3 fan pada laju aliran massa air 0,30 kg/s

Berdasarkan nilai data rata-rata yang telah diperoleh dari hasil pengujian pada AC split dengan *heat recovery*, maka data tersebut dapat dimasukkan kedalam rumus untuk mendapatkan nilai efektivitas dan ΔT LMTD dari *heat recovery*. Berikut perhitungan dalam mencari nilai efektivitas dan ΔT LMTD dari *heat recovery* pada masing-masing hasil pengujian.

4.1.1 Perhitungan nilai efektivitas dan LMTD dengan 3 fan pada laju massa air 0,30 kg/s

Berikut adalah hasil rata-rata dari Tabel 4.1 dan data dari temperatur *heat recovery* yang akan dimasukkan kedalam rumus:

- T Water Out HR = 37,8827°C
- T Water In HR = 36,7922°C
- T Ref In HR = 84,8499°C
- T Ref Out HR = 39,5784°C
- Cp air = 4,18 kJ/kg 244 °C
- Cp refrigeran = 1,351 kJ/kg °C
- ρ air = 1000 kg/m³

Dari data di atas maka dapat dicari nilai efektivitas dan ΔT LMTD *heat recovery*.

a. LMTD

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} = \frac{(T_{hi} - T_{co}) - (T_{ho} - T_{ci})}{\ln\left(\frac{T_{hi} - T_{co}}{T_{ho} - T_{ci}}\right)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(84,8499 - 37,8827) - (39,5784 - 36,7922)}{\ln\left(\frac{84,8499 - 37,8827}{39,5784 - 36,7922}\right)} \\
 &= \frac{46,9672}{2,7862} = 16,8570^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

b. Nilai efektivitas perpindahan panas (ε)

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{real}}}{Q_{\text{maks}}}$$

$$Q_{\text{real}} = \dot{m}_{\text{air}} \cdot C_{p\text{air}} \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{real}} = \dot{m}_{\text{air}} \cdot C_{p\text{air}} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{real}} &= (\rho_{\text{air}} \cdot q_{\text{air}}) \cdot C_{p\text{air}} \cdot (T_{c\text{ out}} - T_{c\text{ in}}) \\
 &= (1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 18 \text{ LPM}) \cdot 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot (37,8827 - 36,7922) \\
 &= (1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,0003 \text{ m}^3/\text{s}) \cdot 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot 1,0905^\circ\text{C} \\
 &= 0,30 \text{ kg/s} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot 1,0905^\circ\text{C} \\
 &= 1,367487 \text{ kJ/s}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{maks}} = C_{\text{min}} \cdot (T_{\text{ho}} - T_{\text{co}})$$

Di mana C_{min} adalah harga terkecil dari C_h atau C_c

$$C_{\text{min}} = C_h = \dot{m}_{\text{ref}} \cdot c_{p\text{ref}} \quad \text{apabila } C_h < C_c$$

$$C_{\text{min}} = C_c = \dot{m}_{\text{air}} \cdot c_{p\text{air}} \quad \text{apabila } C_c < C_h$$

Maka untuk mengetahui nilai C_{min} harus dicari nilai \dot{m}_{ref} terlebih dahulu dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 \dot{m}_{\text{ref}} &= \frac{Q_{\text{real}}}{(T_{\text{hin}} - T_{\text{hout}}) C_{p\text{ref}}} \\
 &= \frac{1,367487 \text{ kJ/s}}{(84,8499 - 39,5784) \cdot 1,351 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}} \\
 &= \frac{1,367487 \text{ kJ/s}}{(45,2715) \cdot 1,351 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}} \\
 &= \frac{1,367487 \text{ kJ/s}}{61,1617965 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}} \\
 &= 0,022358 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= \dot{m}_{\text{air}} \cdot c_{p\text{air}} \\
 &= 0,30 \text{ kg/s} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\
 &= 1,254 \text{ kJ/s}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_h &= \dot{m}_{\text{ref}} \cdot c_{p\text{ref}} \\
 &= 0,022358 \text{ kg/s} \cdot 1,351 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\
 &= 0,030205 \text{ kJ/s}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas $C_h = 0,030205 \text{ kJ/s}^\circ\text{C} < C_c = 1,254 \text{ kJ/s}^\circ\text{C}$ maka

$$\begin{aligned}
 C_{\text{min}} &= C_h \\
 Q_{\text{maks}} &= C_{\text{min}} \cdot (T_{\text{hi}} - T_{\text{ci}}) \\
 &= 0,030205 \text{ kJ/s}^\circ\text{C} \cdot (84,8499 - 36,7922) \\
 &= 1,4537 \text{ kJ/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon &= \frac{Q_{\text{real}}}{Q_{\text{maks}}} \\
 &= \frac{1,367487 \text{ kJ/s}}{1,4537 \text{ kJ/s}} \\
 &= 0,9406 \text{ kJ/s}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan pada pengujian perbandingan penggunaan 3 fan dengan tanpa 3 fan pada *heat recovery* dapat diterangkan pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 dibawah ini.

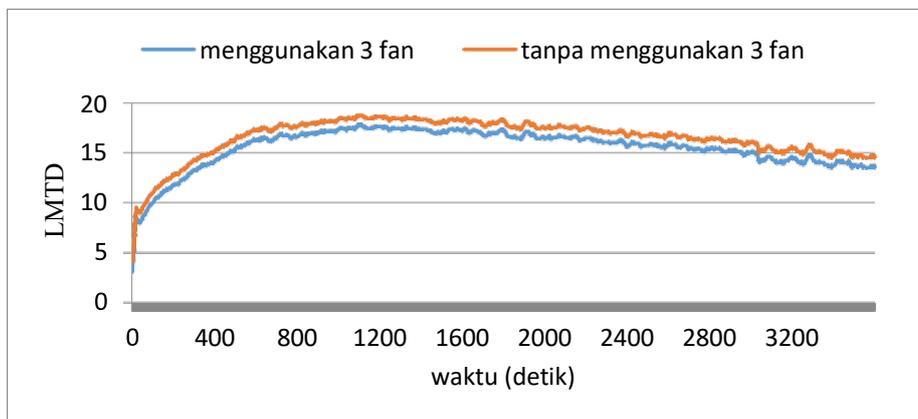
Tabel 4.1 Tabel hasil pengujian *heat recovery* dengan 3 fan pada laju aliran massa air 0,30 kg/s

Place	LMTD	Qreal (kJ/s)	Effectiveness
1	2,081	0,0001	0,732562
2	2,081	0,0001	0,732562
3	2,676	0,0005	0,726734
4	2,993	0,0001	0,728536
5	4,682	0,0006	0,700977
6	5,051	0,0006	0,704734
7	5,051	0,0006	0,704734
8	5,345	0,0007	0,707477
9	5,547	0,0008	0,709190
10	5,005	0,0007	0,721213
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
3600	13,490	0,0010	0,719793
Rata-rata	15,45569	0,00084	0,69377

Tabel 4.2 Tabel hasil pengujian *heat recovery* tanpa 3 fan pada laju aliran massa air 0,30 kg/s

Place	LMTD	Qreal (kJ/s)	Effectiveness
1	0,300	-0,0008	0,246731
2	0,300	-0,0008	0,246731
3	1,642	-0,0051	0,650472
4	2,140	-0,0008	0,684329
5	1,563	0,0020	0,695332
6	1,981	0,0020	0,692128
7	2,476	0,0019	0,690846
8	3,020	0,0019	0,681563
9	3,254	0,0018	0,666173
10	3,254	0,0018	0,666173
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
3600	10,923	0,0009	0,731274
Rata-rata	14,45569	0,00082	0,59377

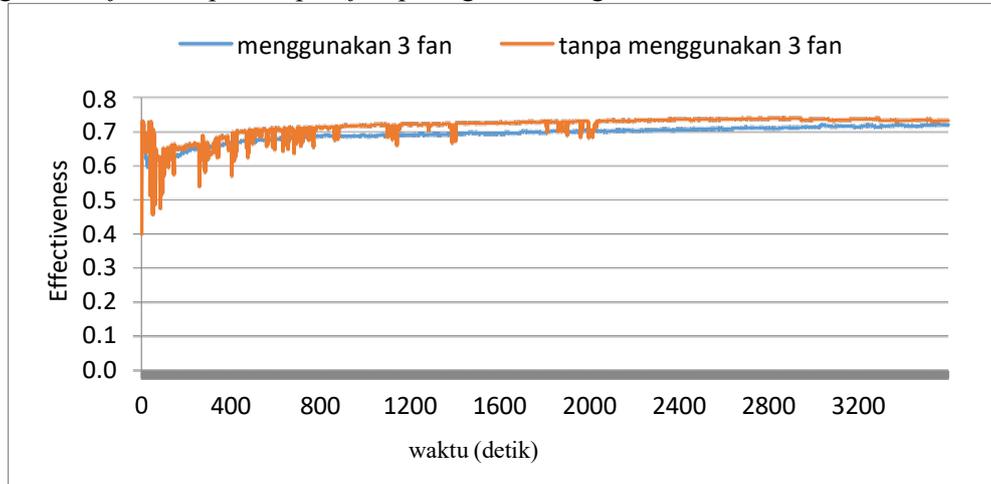
Berdasarkan data dan perhitungan yang telah diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan pada *heat recovery*, maka data yang diperoleh selanjutnya di input ke dalam grafik perbandingan penggunaan 3 fan dengan tanpa 3 fan pada berbagai variasi debit air untuk dapat dilihat seberapa besar panas yang dapat ditransfer. Untuk menghitung ΔT LMTD digunakan grafik perbandingan dari grafik *time series*. Berikut dapat digambarkan perbandingan perubahan temperatur yang terjadi pada pengujian perbandingan penggunaan 3 fan dengan tanpa 3 fan pada grafik sebagai berikut.



Gambar 5 Perbandingan LMTD menggunakan 3 fan dengan tanpa 3 fan pada laju aliran massa air 0,30 kg/s

LMTD adalah rata-rata logaritmik dari perbedaan suhu antara aliran panas dan dingin di setiap akhir *ex-changer*. Dari grafik 5 dapat dilihat perubahan temperatur pada *heat recovery*, di mana data yang terlihat pada grafik menyatakan nilai LMTD dengan menggunakan 3 *fan* lebih kecil daripada tanpa menggunakan 3 *fan*. Hal ini menyatakan bahwa saat *heat recovery* menggunakan 3 *fan* lebih efektif untuk membantu terjadinya perpindahan panas. Nilai LMTD pada laju massa air 0,30 kg/s memperoleh peningkatan panas sebesar 8.43%, pada laju massa air 0,27 kg/s peningkatan panas sebesar 0,60%, untuk laju massa air 0,20 kg/s peningkatan panas sebesar 10.66%, dan pada laju massa air 0,23 kg/s memperoleh peningkatan panas sebesar 16.57%.

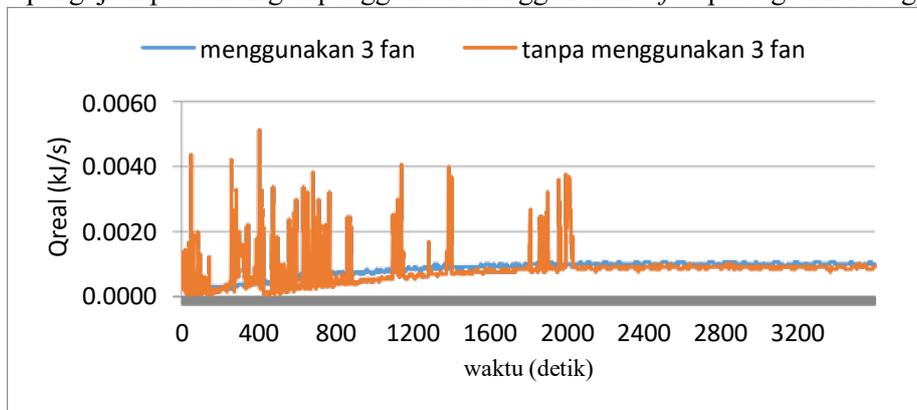
Data perhitungan nilai efektivitas setiap variasi debit air baik yang menggunakan 3 *fan* maupun tanpa 3 *fan* terlampir pada lampiran 1 sampai 8. Berikut dapat digambarkan perbandingan nilai efektivitas pada pengujian perbandingan penggunaan 3 *fan* maupun tanpa 3 *fan* pada grafik sebagai berikut.



Gambar 6 Perbandingan nilai efektivitas menggunakan 3 fan dengan tanpa 3 fan pada laju aliran massa air 0,30 kg/s

Dari grafik 6 dapat dilihat perbandingan nilai efektivitas, di mana data yang terlihat pada grafik menyatakan nilai efektivitas dengan menggunakan 3 *fan* lebih besar dari pada tanpa menggunakan 3 *fan*. Hal ini menyatakan bahwa saat *heat recovery* menggunakan 3 *fan* lebih efektif untuk membantu terjadinya perpindahan panas. Nilai efektivitas pada laju massa air 0,30 kg/s memperoleh peningkatan panas sebesar 2.74%, pada laju massa air 0,27 kg/s peningkatan panas sebesar 0.52%, untuk laju massa air 0,20 kg/s peningkatan panas sebesar 0.10%, dan pada laju massa air 0,23 kg/s memperoleh peningkatan panas sebesar 0.10%.

Data perhitungan Q_{real} dari setiap variasi debit air dengan menggunakan 3 *fan* dan tanpa menggunakan 3 *fan* terlampir pada lampiran 1 sampai dengan lampiran 8. Berikut dapat digambarkan perbandingan Q_{real} atau laju perpindahan panas pada pengujian perbandingan penggunaan menggunakan 3 *fan* pada grafik sebagai berikut.



Gambar 7 Perbandingan Q_{real} menggunakan 3 fan dengan tanpa 3 fan pada laju aliran massa air 0,30 kg/s

Simpulan

Dari pengujian yang dilakukan pada *heat recovery* AC Split dengan menggunakan 3 *fan* memperoleh laju perpindahan panas (Q_{real}) sebesar 0,11% - 39,57%.

Dari pengujian pengaruh volume air yang telah dilakukan dapat disimpulkan semakin kecil volume air maka hasil Q_{real} (laju perpindahan panas) semakin besar.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih atas bantuan, bimbingan, arahan dan dukungan dari Bapak Dosen pembimbing 1 dan pembimbing 2 sehingga penelitian ini dapat selesai dengan baik. Juga teman sejawat yang telah memberikan masukan serta dukungan dan juga seluruh Dosen dan staf akademik yang telah membantu memberikan fasilitas dan ilmunya dalam penyelesaian penelitian ini

Referensi/ Reference

- [1] AgusRianto. 2007. Audit Energi dan PeluangPenghematanKonsumsiEnergi pada SistemPengkon-disian Udara di Hotel Santika Premiere Semarang, Thesis, Universitas NegeriSemarang.
- [2] Carbon Trust, Making business sense of climate change. 2011. *Heat Recovery*, form <http://www.carbontrust.co.uk>.
- [3] Michael Guglielmone, FredScheideman, Yogesh Magar. 2008. *Heat Recovery from Vapor Compres-sion Air Conditioning A Brief Introduction*, form<http://www.turbotecproducts.com>.
- [4] R.B.Lokapure, J.D.Joshi. 2012. *Waste Heat Recovery Through Air Conditioning System*, Interna-tional Journal of Engineering Research and Development, vol.5,pp.87-92
- [5] Susila, I.D.M. 2015. *Termodinamika Teknik*. Politeknik Negeri Bali, Badung-Bali.
- [6] Belajar, A. M. (2022). *FungsiTermokopel | Salah Satu Alat Untuk Mengukur Temperatur*. Retrieved from Aku Mau Belajar Tempatnya Ilmu yang Bermanfaat Dunia Akhirat: <https://akumaubela-jar.com/ilmu- pendidikan/fungsi-termokopel/>. Diakses pada tanggal 13 Januari 2022
- [7] Deng Shiming, John Burnet. 2002. *Energy Use and Management in Hotels in Hongkong*, Int.J.Hos-pitality Management; 21, pp.371-380egsean.com, (2016) Fungsi masing-masing komponen pada AC split, <https://egsean.com/fungsi-masing-masing-komponen-pada-ac-split/>
- [8] Mentrek, (2019), Cara perbaikan modul Ac split, <https://www.juraganacee.com/2019/05/cara-perbai-kan-modul-ac-split.html>
- [9] Wijayantara, I. M. 2019. Analisa Performansi AC Domestik Berkapasitas 1 Pk dengan Penambahan Heat Recovery. Politeknik Negeri Bali.
- [10] Temaja, I.W. 2015. *Perpindahan Panas*. Politeknik Negeri Bali, Badung-Bali.