

ANALISA EKSERGI SISTEM POMPA PANAS PENGERING PAKAIAN KAPASITAS 7 KG PADA AC $\frac{3}{4}$ PK

Ambo Intang^{1*}, Nursiwan¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tamansiswa Palembang,
Jl. Tamansiswa No. 261 Palembang

*Email: ambo.intang@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan panas kondensor sebagai pompa panas dari sistem refrigrasi yang terpasang pada AC dapat dimanfaatkan untuk pengering pakaian. Analisa energi tidak dapat memberi informasi besar energi maksimum yang berhasil dimanfaatkan dan pada proses mana saja terjadi kehilangan energi terbesar sehingga untuk itu dibutuhkan analisa eksergi. Pada penelitian ini dilakukan variasi beban pengeringan yaitu 2,500 kg, 3,806 kg, 4,806 kg, 5,300 kg dan 6,250 kg. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa COP refrigerasi lebih rendah dari COP carnot pada operasi tanpa beban sehingga model penelitian sudah tepat dan mengalami penurunan COP hingga 4,8896 pada beban puncak 6,250 kg dan juga terjadi penurunan efisiensi isentropik kompresor hingga 76,5718 % karena terjadinya peningkatan suhu keluar dari kompresor yaitu 420C tanpa beban menjadi 680C. Hasil analisis menunjukkan bahwa perbandingan efisiensi energi dan efisiensi eksergi menunjukkan rata-rata 58% sampai 62% dari efisiensi energi pada tiap pembebanan pada kompresor yang menghasilkan energi yang berkualitas dan sisanya mengalami kehilangan kemampuan untuk dapat dimanfaatkan. Pembebanan 5,300 kg adalah yang paling efektif untuk pengeringan karena memiliki laju pengeringan tertinggi yaitu 0,6261 kg/jam dan Laju eksergi di kondensor (\dot{E}_{QH}) terbesar yaitu 0,2880 kJ/s.

Kata kunci : Refrigrasi, Pompa Kalor, COP, Eksergi

1. PENDAHULUAN

Penelitian tentang Pompa Panas (*heat pump*) untuk pengering pakaian sudah banyak dilakukan tetapi belum banyak yang meneliti pompa panas yang memanfaatkan panas dari pembuangan panas kompresor AC dengan daya kecil dan mengkombinasikan prinsip pompa panas tersebut dengan mesin pengering pakaian modern yang membutuhkan daya besar untuk memanaskan elemen pemanasnya. Dari uraian tersebut, maka akan dilakukan penelitian sistem pengering dengan pompa panas berdaya $\frac{3}{4}$ pk dengan memanfaatkan alat pengering Electrolux Model EDV7051 tanpa mesin untuk mengetahui performansi kerja alat dan efektifitas penggunaan energinya dengan analisa eksergi.

Pada prinsipnya semua sistem refrigerasi adalah pompa kalor, karena sistem-sistem tersebut menyerap kalor pada tingkat temperatur yang rendah dan membuangnya ke tingkat temperatur yang lebih tinggi. Akan tetapi diantara pemakaian sistem-sistem refrigerasi telah dikembangkan suatu sistem yang dinamakan pompa kalor, yaitu suatu sistem yang memanfaatkan kalor yang dilepaskan di kondensor untuk pemanasan, jadi tidak dibuang ke atmosfer. Pompa kalor merupakan suatu sistem pemanas yang bekerja berdasarkan siklus kompresi uap, sama dengan siklus yang digunakan pada sistem refrigerasi. Hanya saja prinsip kerjanya yang berbeda. Pompa kalor memanfaatkan efek pemanas kompresi uap, sedangkan sistem refrigerasi memanfaatkan efek pendingin siklus kompresi uap. Komponen-komponen utama pada sistem pompa kalor juga menggunakan komponen yang sama dengan sistem pendinginan yaitu evaporator, kompresor, kondensor dan katup ekspansi (Halaudin, 2005).

Pada penelitian ini terlebih dahulu dilakukan pemodelan fisik sistem, selanjutnya di uji untuk mengeringkan pakaian lembab yang baru keluar dari mesin cuci. Untuk mempelajari parameter yang mempengaruhi performansi mesin tersebut, penelitian dibatasi pada hal-hal berikut : *Heat pump* yang digunakan beroperasi secara siklus

kompresi uap / *Vapour Compression System*, variasi pembebanan 2,500 kg, 3,806 kg, 4,806 kg, 5,300 kg dan 6,250 kg pakaian basah dan melakukan analisa energi dan eksergi pada sistem *Heat Pump*. Penelitian dilakukan untuk menghasilkan suatu sistem pengering pakaian yang efisiensi penggunaan energi listriknya dengan daya yang lebih rendah dibanding daya alat yang sebenarnya, mengetahui perubahan COP Refrigerasi AC setelah panas buang kondensor dikondisikan sebagai sumber panas pengering dan mengetahui hubungan laju pengeringan terhadap laju eksergi maksimum. Penelitian ini bermanfaat dalam memenuhi kebutuhan pengering rumah tangga dalam hal penggunaan daya yang lebih rendah, sebagai bentuk inovasi konversi energi dengan memanfaatkan teknologi yang sudah ada dan dapat diketahuinya karakteristik dari sistem ini sehingga memungkinkan bagi peneliti selanjutnya untuk mengadakan perbaikan-perbaikan.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini peneliti mencoba menggabungkan 2 buah mesin yaitu;

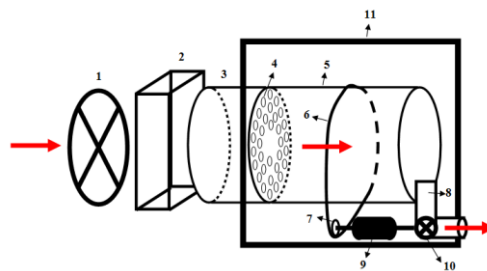
- Satu unit AC split dengan kapasitas $\frac{3}{4}$ pk. Adapun data-data mesin yang tertera pada *Name Plate* adalah sebagai berikut;

Merk	: Sharp	No Seri	: 56012191
Gas Pendingin	: R22	Tegangan	: 220V
Frekuensi	: 50Hz	Fase	: Tunggal
Konsumsi Daya	: 550 Watt	Arus Masuk	: 2.6A
Daya / Arus Masuk Maksimal			: 850 W / 3.7 A
Tekanan Operasi Maksimal	: 2.6 Mpa (tinggi)		: 1.5Mpa (rendah)
Negara Pembuat	: Thailand		

- Satu unit Mesin Pengering Pakaian Kapasitas 7 Kg. Adapun data-data yang tertera pada *Name Plate* adalah sebagai berikut:

Mesin pengering Electrolux

Model	: EDV7051	Volt	: 220 – 240 V
PNC	: 916002069	Hz	: 50 Hz
Type	: RD62275W	Capacity	: 7 Kg
		Watt	: 2250 W



Gambar 1. Prinsip kerja mesin pengering pakaian

Keterangan :

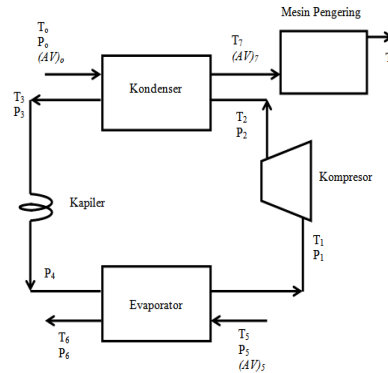
- | | |
|------------------------------|--|
| 1. Fan / Kipas | 7. Pully |
| 2. Kondenser | 8. Filter / Saringan |
| 3. Saluran Penghubung | 9. Motor Listrik |
| 4. Lubang Saluran Masuk Drum | 10. Fan |
| 5. Drum | 11. Casing / Pembungkus Komponen Mesin |
| 6. Vant Belt / Sabuk | |

Prinsip Kerja dari mesin ini adalah dengan mengikut skema gambar 1 diatas. Sebagai berikut:

- 1). Inti dari mesin ini adalah drum logam (5) yang berputar secara bolak-balik.
- 2). Udara panas dari kondensor (2) didorong oleh kipas (1) melalui saluran penghubung (3) kemudian udara panas memasuki drum (5) melewati lubang kecil (4).

- 3). Udara panas yang memasuki drum mengeringkan pakaian yang ada didalam drum, drum diputar perlahan oleh v/belt (6) yang terhubung dengan elektromotor (9).
- 4). Selanjutnya udara meninggalkan drum melalui filter (8) yang dihisap oleh kipas (10) dan dibuang keluar melalui saluran buang.

Untuk mempermudah perhitungan dalam penelitian ini, maka peneliti mencoba membuat pemodelan siklus seperti dibawah.



Gambar 2. Pemodelan siklus yang bekerja dalam proses pengeringan pakaian

Keterangan :

T_0 = suhu lingkungan (°C)

T_1 = suhu refrigeran masuk kompresor atau suhu evaporasi (°C)

T_2 = suhu refrigeran keluar kompresor (°C)

T_3 = suhu refrigeran keluar dari kondensator atau suhu kondensasi sebelum memasuki kapiler (°C)

T_5 = suhu udara yang kembali ke evaporator (di ruang kamar) (°C)

T_6 = suhu udara yang keluar melewati evaporator (di ruang kamar) (°C)

T_7 = suhu udara setelah melewati kondensator menuju ruang mesin pengering. atau bisa juga disebut suhu masuk mesin pengering (°C)

T_8 = suhu keluar mesin pengering (°C)

P_0 = tekanan udara sebelum melewati kondensator (bar)

P_1 = tekanan refrigeran masuk kompresor (bar)

P_2 = tekanan refrigeran keluar kompresor (bar)

P_3 = tekanan kondensasi, karena dalam siklus kompresi uap proses 2-3 adalah isobar maka $P_2 = P_3$ (bar)

P_4 = tekanan keluar kapiler, karena pada proses evaporasi 4-1 proses yang terjadi adalah isobar maka $P_4 = P_1$ (bar)

P_5 = tekanan udara kembali ke evaporator (bar)

P_6 = tekanan udara setelah melalui evaporator (bar)

$(AV)_0$ = laju aliran volumetrik udara (m^3/s)

$(AV)_5$ = laju aliran volumetrik udara melewati evaporator (m^3/s)

$(AV)_7$ = laju aliran volumetrik udara melewati kondensator (m^3/s).

Selanjutnya diperlukan beberapa asumsi sebelum memulai perhitungan, adapun asumsi-asumsi sebagai berikut;

- 1) Setiap komponen dianalisis sebagai keadaan tunak pada volume atur.
- 2) Proses kompresor secara adiabatik dan pada kapiler dengan proses trotel.
- 3) Volume atur yang menyelubungi kondensator dan evaporator mempunyai keadaan, $\dot{W}_{cv} = 0$ dan $\dot{Q}_{cv} = 0$
- 4) Efek dari 12nergy 12nergy12 dan 12nergy potensial diabaikan.
- 5) Udara diumpamakan sebagai gas ideal dengan C_p tergantung pada suhu lingkungan.
- 6) Tekanan udara yang bekerja pada kondensator, evaporator dan mesin pengering pakaian dianggap, 1 bar.

Pada Penelitian ini juga selain kedua mesin utama diatas diperlukan juga peralatan dan bahan tambahan sehingga memungkinkan untuk memperoleh data yang lebih akurat

sehingga hasil perhitungan bisa lebih akurat. Adapun bahan dan alat tambahan yang digunakan antara lain; Tang ampere, Pressure Gauge, Termometer alcohol, Seng plat, Termometer infra red, Obeng, Gunting seng, Besi siku, Exhaust fan.

Adapun untuk mengoperasiannya perlu di tuliskan prosedur pengoperasian kedua mesin tersebut, adapun prosedur pengoperasiannya antara lain;

1. Hidupkan dahulu AC split dengan pengaturan suhu otomatis dalam ruangan 25°C yang ingin dicapai dalam pengoperasian ini.
2. Pasang Pressure Gauge untuk mengukur tekanan tinggi dan tekanan rendah dari sistim kompresi uap.
3. Perhatikan, jika tekanan refrigeran sudah stabil maka kedua mesin dapat digandeng.
4. Pasang termometer bola basah dan bola kering dikedua sisi mesin pengering yaitu sisi masuk mesin dan sisi keluar mesin pengering.
5. Tunggu hingga suhu bola kering disisi keluar telah mencapai 40-50°C maka pakaian lembab yang ingin dikeringkan dimasukkan.
6. Tekan tombol on pada mesin pengering pakaian
7. Untuk sisi kondensor dipasang tang ampere untuk mengukur ampere yang bekerja pada kompresor.
8. Untuk sisi elektromotor mesin pengering juga diukur amperenya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Laju Pengeringan

Laju pengeringan pakaian adalah salah satu parameter penting dalam penelitian sehingga dapat dipergunakan persamaan 1 (P. Suntivarakorn et. Al. 2009).

$$\dot{m}_d = \frac{W_o - W_f}{t} \dots\dots\dots(1)$$

- Dimana \dot{m}_d = laju pengeringan dalam (kg/jam)
- W_o = berat material sebelum dikeringkan (kg)
- W_f = berat material setelah dikeringkan (kg)
- t = waktu yang dibutuhkan selama proses pengeringan (dt)

Hasil perhitungan yang lain dengan menggunakan cara yang sama disajikan dalam tabel 1 dibawah ini;

Tabel 1. Laju Pengeringan Pakaian

No	Waktu (Menit)	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Laju Pengeringan (kg/jam)
1	65	2,500	2,070	0,3969
2	100	3,806	2,985	0,4926
3	115	4,806	3,830	0,5092
4	115	5,300	4,100	0,6261
5	150	6,250	5,135	0,5817

3.2 Analisa Energi dan Eksergi

Semua hasil perhitungan COP harus merujuk pada COP carnot karena COP carnot dianggap mampu menghasilkan nilai COP ideal tertinggi sehingga dijadikan patokan bagi peneliti dalam perhitungan ini dan dipercaya jika COP hasil perhitungan lebih tinggi dari COP carnot, akan mengakibatkan efek yang tidak baik bagi sistem yang bekerja atau akan menimbulkan kerusakan pada beberapa bagian dari sistem karena telah bekerja pada batas yang melebihi kemampuannya. Disini peneliti menghitung COP carnot hanya dalam posisi tanpa beban. Adapun persamaan COP pompa kalor Carnot (P.L Ballaney, 1980) sebagai berikut:

$$COP_{ref\ carnot} = \frac{T_1}{T_3 - T_1} \dots\dots\dots(2)$$

- Dimana T_3 = suhu kondensasi

$$T_1 = \text{suhu evaporasi}$$

$$\text{COP}_{\text{ref carnot}} = \frac{(6,782+273) \text{ K}}{(32,467+273) \text{ K} - (6,782+273) \text{ K}}$$

$$= 10,893$$

Selanjutnya untuk perhitungan Energi dan Eksergi diperlukan nilai entropi dan entalpi gas digunakan Tabel termodinamika R22 (Tabel A-7, A-8, A-9) dan Gas Ideal (Tabel A-22) dalam satuan Si (Moran, Michael J. & Shapiro, Howard N. 2000), maka didapat nilai entalpi dan entropi seperti pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Entropi dan Entalpi rata-rata operasi dalam variasi pembebanan

Beban (Kg)	Entalpi (Kj/kg)	Entropi (Kj/kgK)
Tanpa beban	h1 = 252,2860	s1 = 0,9173
	h2a= 270,5494	s2a = 0,9193
	h2s= 269,9280	s2s = 0,9173
	h3 = 84,7415	s3 = 0,3120
	h4 = 84,7415	s4 = 0,3188
2,500	h1 = 252,1845	s1 = 0,9178
	h2a= 279,6174	s2 = 0,9329
	h2s= 274,6607	s2s = 0,9178
	h3 = 94,0667	s3 = 0,3415
	h4 = 94,0667	s4 = 0,3523
3,806	h1 = 252,1875	s1 = 0,9177
	h2a= 280,9875	s2a = 0,9356
	h2s= 275,0822	s2s = 0,9177
	h3 = 94,9571	s3 = 0,3444
	h4 = 94,9571	s4 = 0,3554
4,806	h1 = 252,2907	s1 = 0,9169
	h2a= 282,0976	s2a= 0,9365
	h2s= 275,5490	s2s = 0,9169
	h3 = 96,5332	s3 = 0,3524
	h4 = 96,5332	s4 = 0,3630
5,300	h1 = 252,6750	s1 = 0,9157
	h2a= 282,2621	s2a = 0,9348
	h2s= 275,8960	s2s = 0,9157
	h3 = 98,1279	s3 = 0,3540
	h4 = 98,1279	s4 = 0,3659
6,250	h1 = 252,8017	s1 = 0,9152
	h2a= 284,0040	s2 = 0,9370
	h2s= 276,6958	s2s = 0,9152
	h3 = 100,2454	s3 = 0,3605
	h4 = 100,2454	s4 = 0,3732

Selanjutnya hal yang penting untuk dicari dalam perhitungan adalah laju aliran massa udara dan laju aliran massa refrigeran.

Tabel 3. Laju aliran massa udara dan laju aliran massa refrigeran

Beban Kg	\dot{m}_{udara} kg/s	$\dot{m}_{\text{refrigeran}}$ kg/s
Tanpa beban	0,6710	0,0436
2,500	0,6643	0,0542
3,806	0,6640	0,0559
4,806	0,6636	0,0562
5,300	0,6624	0,0594
6,250	0,6619	0,0592

dari data diatas maka dapat kita hitung analisa energi dan ekserginya sebagai berikut:

Tabel 4. Tabel Analisa Energi rata-rata pada setiap proses pembebanan

Beban Kg	P _a Kj/s	P _s Kj/s	Q _{cond} kj/s	Q _{evap} Kj/s	COP _{ref}	η _{isen} %
Tanpa beban	0,7954	0,7683	8,0920	7,2966	9,1738	96,5981
2,500	1,4876	1,2188	10,0621	8,5745	5,7639	81,9324
3,806	1,6095	1,2795	10,3965	8,7870	5,4595	79,5026
4,806	1,6681	1,3007	10,4208	8,7526	5,2468	77,9627
5,300	1,7561	1,3782	10,9289	9,1728	5,2235	78,4856
6,250	1,8487	1,4152	10,8870	9,0383	4,8896	76,5718

3.3 Analisa eksergi tanpa beban

Untuk memudahkan perhitungan dalam mencari eksergi losses maka disini peneliti akan menghitung eksergi yang terjadi ditiap titik dari pemodelan siklus pada Bab III. Dengan menggunakan persamaan 21 & 22. È1, È2, È3, È4 dengan fluida refrigeran dan È0, È5, È6, È6 yang dianggap gas ideal. Dari “WEXA: Exergy analysis for increasing the efficiency of air/water heat pumps. Lukas Gasser, dipl. engineer et al” maka didapat persamaan umum eksergi dan persamaan kerugian eksergi di tiap titik untuk siklus pompa kalor:

Dan Eksergi untuk satuan massa

$$e = (h - h_A) - T_A (s - s_A) \dots\dots\dots(3)$$

dimana e = eksergi satuan massa (kJ/kg)

s = entropi (kJ/kg’K)

T_A = suhu lingkungan (‘K)

Eksergi untuk gas ideal

$$e = cp (T - T_A) - T_A (cp \ln \frac{T}{T_A} - R \ln \frac{P}{P_A}) \dots\dots\dots(4)$$

dimana cp = panas spesifik gas ideal (kJ/kg’K)

T = suhu (‘K)

$$R = \frac{\bar{R}}{M} = \frac{8.314 \frac{kJ}{kMolK}}{28.97 \frac{kg}{kMol}} = 0.287 \frac{kJ}{kgK}$$

R = konstanta gas ideal ($\frac{kJ}{kgK}$)

\bar{R} = konstanta gas universal ($\frac{kJ}{kMolK}$)

M = berat molar ($\frac{kg}{kMol}$)

P = tekanan udara (bar)

e = Eksergi untuk satuan massa

hasil ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Eksergi rata-rata selama operasi di beberapa titik dari pemodelan siklus

Beban Kg	E0 Kj/s	E2 - E3 Kj/s	E4 - E1 Kj/s	E5 Kj/s	E6 Kj/s	E7 Kj/s
Tanpa Beban	0	0,1315	0,5489	0,0011	0,0558	0,1571
2,500	0	0,4064	0,6580	0,0048	0,0105	0,2438
3,806	0	0,4612	0,6630	0,0033	0,0083	0,2604
4,806	0	0,5112	0,6440	0,0038	0,0091	0,2618
5,300	0	0,5659	0,6382	0,0030	0,0077	0,2880
6,250	0	0,6102	0,6247	0,0042	0,0095	0,2862

3.4 Eksergi losses

Disini Eksergi losses yang peneliti hitung terbagi dalam 4 kelompok besar dari sistem yang bekerja yaitu eksergi losses yang terjadi di kompresor, kondensor, kapiler dan evaporator

- Eksergi Losses aliran untuk satuan massa

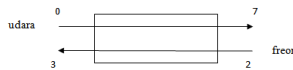
a. Kompresor

$$e_{LCP} = T_A (s_2 - s_1) = T_{A\ irr12} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana s_1 = nilai entropi pada tekanan evaporasi atau tekanan (kJ/kg.K)

s_2 = nilai entropi pada tekanan kondensasi (kJ/kg.K)

b. Kondensor



Gambar 3. kontrol volume di kondensor

$$\dot{E}_{LC} = (\dot{E}_2 - \dot{E}_3) + (\dot{E}_0 - \dot{E}_7) \dots\dots\dots(6)$$

Dimana ; \dot{E}_{LC} = eksergi loss di kondensor

\dot{E}_2 = eksergi dititik 2 (Watt)

\dot{E}_3 = eksergi dititik 3 (Watt)

\dot{E}_0 = eksergi dititik nol (Watt)

\dot{E}_7 = eksergi dititik 7 (Watt)

c. Ekspansi / kapiler

$$e_{LEx} = T_A (s_4 - s_3) \dots\dots\dots(7)$$

Dimana s_4 diperoleh dari kualitas dari keadaan dititik 4 pada diagram t-s ini didapat dari

$$s_4 = s'_4 + X_v (s''_4 - s'_4) \dots\dots\dots(8)$$

$$X_v = X_4 = \frac{h_3 - h'_4}{r_e} \dots\dots\dots(9)$$

Dengan nilai $h_3 = h_4$

Dimana s_4 = nilai entropi dititik 4 (kJ/kg.K)

s'_4 = nilai entropi pada fasa cair (kJ/kg.K)

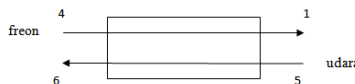
X_v = kualitas entalpi dititik 4 (tanpa satuan)

s''_4 = nilai entropi pada fasa uap (kJ/kg.K)

r_e = nilai entalphi pada fasa campuran cair dan uap (kJ/kg)

h'_4 = nilai entalphi pada fasa cair (kJ/kg)

d. Evaporator



Gambar 4. Kontrol volume pada evaporator

$$\dot{E}_{LE} = (\dot{E}_4 - \dot{E}_1) + (\dot{E}_5 - \dot{E}_6) \dots\dots\dots(10)$$

Dimana ; \dot{E}_{LE} = kerugian eksergi di evaporator (Watt)

Effisiensi eksergi yang terjadi di kompresor

$$\eta_E = \frac{P_{rev}}{P_{rev} + \dot{E}_{LCP} + \dot{E}_{LC} + \dot{E}_{LEx} + \dot{E}_{LE}} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana ;

η_E = efisiensi eksergi pada kompresor (tanpa satuan)

P_{rev} = daya reversibel kompresor (watt)

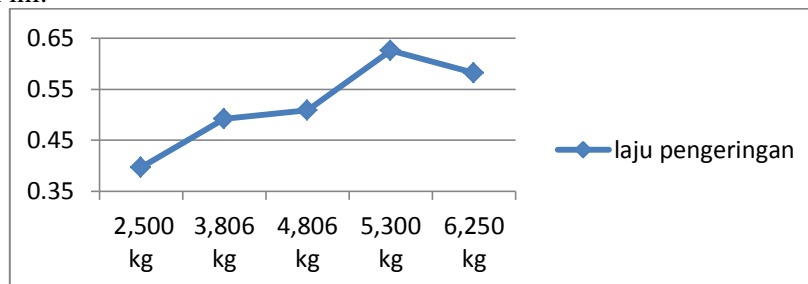
hasilnya dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini:

Tabel 6. Perhitungan rata-rata operasi eksergi losses dan efisiensi eksergi pada variasi beban

Beban Kg	\dot{E}_{LCp} Kj/s	\dot{E}_{LC} Kj/s	\dot{E}_{LEx} Kj/s	\dot{E}_{LE} Kj/s	\dot{E}_{QH} Kj/s	η_E %
Tanpa beban	0,0258	-0,0256	0,0891	0,4943	0,1571	56,8181
2,500	0,2467	0,1626	0,1766	0,6522	0,2438	49,4915
3,806	0,2998	0,2009	0,1855	0,6580	0,2604	48,7686
4,806	0,3316	0,2497	0,1812	0,6385	0,2618	48,1423
5,300	0,3400	0,2779	0,2119	0,6335	0,2880	48,5027
6,250	0,3885	0,3242	0,2253	0,6191	0,2862	47,6125

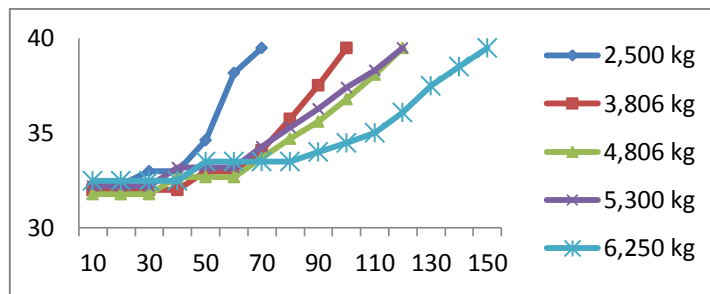
- Pembahasan

Pemanfaatan panas kondensor ACsplit rumah dengan kapasitas $\frac{3}{4}$ pk terbukti bisa dipakai untuk mengeringkan pakaian ini dibuktikan dengan melihat tabel 1 s/b 6 dimana waktu yang dibutuhkan bervariasi sesuai dengan beban yang diberikan. Selama proses pengeringan pakaian dengan variasi beban yang berbeda ternyata mempengaruhi kinerja dari sistem refrigerasi jika dibandingkan dengan pada saat sistem bekerja normal (tidak dipakai untuk pengering pakaian). Dari semua perhitungan diatas peneliti mencoba mewujudkannya menjadi grafik yang peneliti butuhkan untuk lebih memahami hasil dari penelitian ini.



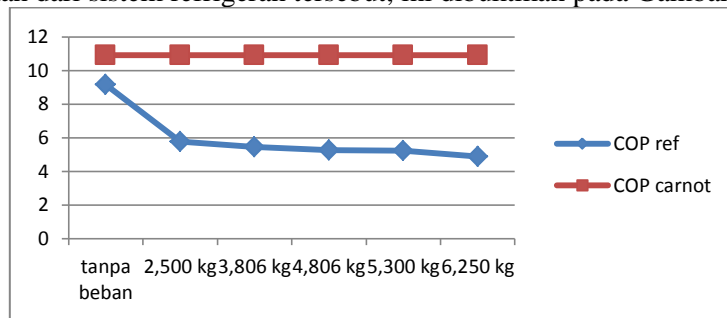
Gambar 5. Laju pengeringan pakaian terhadap beban pakaian

Pengeringan pakaian dengan cara ini dengan variasi beban yang dikeringkan membutuhkan waktu yang bervariasi, pada beban 2,5 kg dengan massa air yang diuapkan 0,42 kg membutuhkan waktu 65 menit, pada beban 3,806 kg dengan massa air yang diuapkan 0,821 kg membutuhkan waktu 100 menit, pada beban 4,806 kg dengan massa air yang diuapkan 0,976 kg membutuhkan waktu 115 menit, pada beban 5,3 kg dengan massa air 1,2 kg membutuhkan waktu 115 menit dan pada beban 6,25 kg dengan massa air yang diuapkan 1,115 kg membutuhkan waktu 150 menit. Dari semua variasi beban dan jumlah air yang diuapkan diatas terbukti bahwa pada beban 5,3 kg adalah beban yang lebih ideal dibanding yang lain karena memiliki laju pengeringan pakaian yang lebih tinggi dibandingkan yang lain yaitu 0,6261 kg/jam sehingga beban 5,3 kg adalah yang paling efektif untuk dilakukan. Dan divisualisasikan dalam Gambar 6



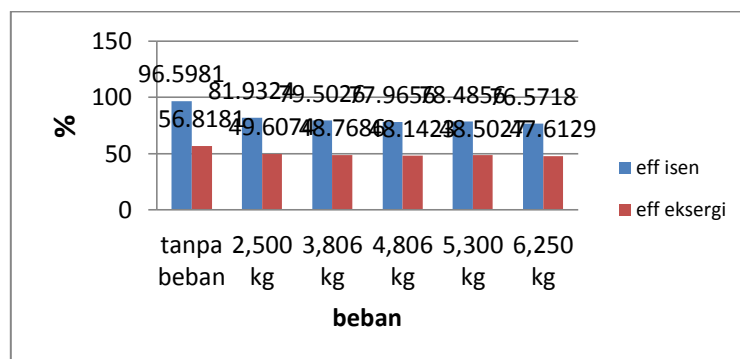
Gambar 6. Proses pengeringan terhadap waktu pada variasi pembebanan

Dari hasil pengamatan maka nilai COP ref dari AC split ¾ pk ini memiliki kecenderungan menurun dengan pembebanan yang ditambah namun tidak ada satupun yang melebihi COP carnot sehingga proses pengeringan ini bisa dianggap tidak membahayakan dari sistem refrigeran tersebut, ini dibuktikan pada Gambar 7.



Gambar 7. COP ref rata-rata vs beban pengeringan dan COP carnot sebagai rujukan

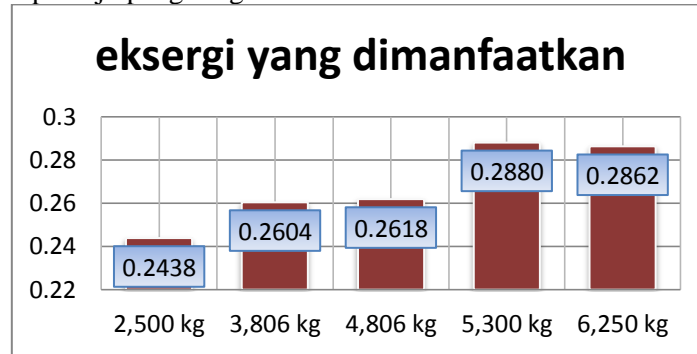
Perbandingan efisiensi energi dan efisiensi eksergi menunjukkan sekitar 58% sampai 62% dari efisiensi energi pada tiap pembebanannya yang menghasilkan energi yang berkualitas ini berarti sisanya mengalami kehilangan kemampuan untuk dapat dimanfaatkan. Ini dibuktikan jika pada Gambar 8.



Gambar 8. Persentase terhadap efisiensi energi dan eksergi kerja compressor

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa beban 5,300 kg adalah yang paling efektif untuk pengeringan karena memiliki laju pengeringan tertinggi yaitu 0,6261 kg/jam dan Laju eksergi di kondensor (\dot{E}_{QH}) terbesar yaitu 0,2880 kJ/s. Ini berarti besarnya eksergi yang berhasil dialirkan ke saluran masuk mesin

pengering sangat berpengaruh terhadap laju pengeringan, semakin besar \dot{E}_{QH} maka semakin cepat laju pengeringan Gambar 9.



Gambar 9. Eksergi yang berhasil dimanfaatkan untuk mengeringkan pakaian

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa nilai COP dari AC split $\frac{3}{4}$ pk ini memiliki kecenderungan menurun dengan pembebanan yang bertambah namun tidak ada satupun yang melebihi COP carnot sehingga proses pengeringan ini bisa dianggap tidak membahayakan dari sistem refrigeran tersebut.
2. Perbandingan efisiensi energi dan efisiensi eksergi menunjukkan rata-rata 58% sampai 62% dari efisiensi energi pada tiap pembebanan pada kompresor yang menghasilkan energi yang berkualitas, yang berarti sisanya mengalami kehilangan kemampuan untuk dapat dimanfaatkan.
3. Inovasi pengeringan pakaian yang dilakukan dalam penelitian ini terbukti berhasil menurunkan kebutuhan daya listrik dari daya 2250 watt menjadi 1300 watt terpasang, dengan didapatkannya hubungan dari besaran eksergi yang berhasil dialirkan ke saluran masuk mesin pengering sangat berpengaruh terhadap laju pengeringan untuk mendapatkan pembebanan efektif, yaitu pada beban 5,3 kg karena laju pengeringan yang tertinggi didapatkan 0,6261 kg/jam, dan jumlah eksergi yang dimanfaatkan paling tinggi (0,2880 Kj/s). Ini berarti besarnya eksergi yang berhasil dialirkan ke saluran masuk mesin pengering sangat berpengaruh terhadap laju pengeringan, semakin besar jumlah eksergi yang dimanfaatkan (\dot{E}_{QH}) maka semakin cepat laju pengeringan.

4.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan variasi yang berbeda sehingga akan diketahui hal-hal yang belum kita ketahui dari penelitian ini.
2. Perlu dicari cara menghubungkan antara kondensor dan mesin pengering yang lebih baik karena cara yang dipakai pada penelitian ini masih dimungkinkan untuk diperbaiki karena masih banyak energi yang terbuang atau tidak dimanfaatkan. Seperti saluran keluar udara yang masih dianggap kecil sehingga sirkulasi aliran menjadi tidak lancar. Jika ini dilakukan maka akan memungkinkan bagi peneliti selanjutnya memperoleh hasil waktu pengeringan yang lebih cepat.
3. Akan menjadi baik jika mengganti selang pengukur tekanan diganti dengan bahan tembaga, karena penggunaan selang dalam waktu yang lama akan memungkinkan terjadi kebocoran yang sangat halus yang dapat menyebabkan freon didalam sistem berkurang. Ini dapat mempengaruhi tekanan dan suhu operasi dari sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Ballaney, P.L. 1980. *Refrigeration and Air Conditioning*. Edisi 5. Delhi, Khanna Publisher
- Gasser, Lukas. Wellig, Beat & Hilfiker, Karl. 2008. *WEXA: Exergy analysis for increasing the efficiency of air/water heat pumps*. Lucerne University of Applied Sciences and Arts -Engineering & Architecture CC Thermal Energi Systems & Process Engineering Technikumstrasse 21
- Halaudin. 2005. *Penentuan bilangan performan pompa kalor berdasarkan perbedaan temperatur*. Jurnal Gradien Vol 1 No 1.
- Moran, Michael J. & Shapiro, Howard N. 2000. *Termodinamika Teknik Jilid 1*. Edisi 4. Diterjemahkan : Nugroho, YS. 2004. Departemen Teknik Mesin UI. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Suntivarakorn, P. et. al 2009. *An Experimental Study on clothes Drying Using Waste Heat from Split Type Air Conditioner*. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering. Vol 3, No 5.