

PENGARUH TEMPERATUR WATER CHILLER ALIRAN MENYILANG TERHADAP EXERGI SISTIM PENYEGARAN UDARA MESIN PENDINGIN WATER MINI CHILLER

Fajar Rizki Ananda¹⁾, Suryadimal²⁾

¹⁾Teknik Mesin, ²⁾Fakultas Teknologi Industri, ³⁾Universitas Bung Hatta
Jl.Gajah Mada No.19 Olo Nanggalo Padang, Sumatera Barat 25143

Email: Fajarnanda2015@gmail.com¹⁾ Email: suryadimal@bunghatta.ac.id²⁾

ABSTRAK

Chiller atau perangkat keras mesin pendingin yang biasanya menghasilkan media pendingin untuk bangunan kapasitas besar, Udara dingin yang dihasilkan pada perangkat sistim primer diteruskan ke mesin penukar kalor untuk dipertukarkan energy dengan udara yang menggunakan Fan Coil Unit ataupun Air Handling Unit. Water-Cooled Chiller. Tujuan dari penelitian ini adalah Menganalisis nilai Exergi mesin pendingin Mini Water Chiller dan melakukan perbandingan exergi antara aliran searah dan counter flow dan Menganalisis penurunan temperatur Mini Chiller dan kinerja system Trend exergi dari nilai tertinggi mulai kondensor, kompresor dan evaporator. Nilai yang paling besar terjadi di komponen kondensor dari sistem refrigerasi, hal ini terjadi karena proses kompresi yang terjadi di kompresor menyebabkan peningkatan temperatur dan tekanan refrigeran. Nilai exergi terendah 5,9 KJ/kg dan yang paling besar mencapai 9,18 kJ/kg pada pagi hari di .Sementara pada siang h6,39 hingga 10,42 pada retang temperature 3-7 derajat Celsius .peningkatan laju aliran massa air yang diikuti dengan penambahan entropi sehingga menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi exergi. Efisiensi exergi tertinggi mendekati 1 dan terendah 0,9 persen.

Kata kunci : *Water Chiller, Exergy, Penukaran kalor, Perbandingan Aliran searah dan Conterflow Mini Water chiller*

1.PENDAHULUAN

Di zaman modern saat ini beberapa gedung dan perkantoran bertingkat umumnya mengadopsi sistem AC sentral dengan sistim Chiller. Hal ini dikarenakan biaya operasional dan biaya perawatan yang lebih murah dan penggunaan yang lebih mudah.

Mendapatkan efek pendinginan dari sistem chiller pada bagian evaporator dari sistem utama didesain sedemikian rupa sehingga mampu menyerap panas sebanyak mungkin dari air yang akan didinginkan (chilled water) sesuai kapasitasnya. dan kebutuhan. (Alimansyah Fazri, dkk, 2016)

Analisis Exergi adalah alat yang ampuh untuk merancang, memaksimalkan, dan menilai kinerja optimalisasi suatu alat perpindahan kalor di mesin pendingin. (Ahamed, dkk 2010)

Analisis eksergi menjadi komponen penting dan banyak digunakan untuk kajian optimasi sebuah sistem termal engineering termasuk mesin pendingin sistim water mini chiller. (dincer & sahin, 2004)

energi dan exergy menjadi instrumen penting yang digunakan secara luas dalam menyelidiki perencanaan, pengujian, dan optimalisasi kerangka kerja perpindahan kalor dimasa mendatang. (Bouaziz & Lounissi 2015)

Bahwa Water chiller merupakan sistim AC yang mendinginkan ruangan dimana sebagai refrigeran tambahan yang menggunakan sistem refrigerasi tidak langsung atau sistim sekunder yang terdiri dari komponen FCU. (Wirajati & Sucipta, 2009). Sementara sebagai sistim primer menurut (Metty dkk., 2012) adalah siklus refrigerasi kompresi uap dimana mesin refrigerasi tersebut terdiri dari empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator.

Dari uraian diatas maka peneliti ingin melakukan kajian tentang bagaimana pengaruh aliran menyilang pada alat penukar kalor terhadap Exergi mesin pendingin Mini Water Chiller dan Bagaimana penurunan temperatur Mini water Chiller

1. Mengetahui nilai Exergi sistim pendingin Mini Chiller
2. Mengetahui kinerja system dan penurunan temperatur Mini Chiller
3. Menganalisis nilai Exergi mesin pendingin Mini Water Chiller dan melakukan perbandingan exergi antara aliran searah dan counter flow
4. Menganalisis penurunan temperatur Mini Chiller dan kinerja system

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Prestasi Mesin kampus 3 Universitas Bung Hatta yang mana dilakukan sejak bulan april hingga juli 2023. Pengambilan data dilakukan dengan cara mengambil data-data yang diperlukan seperti Laju Massa Air, Tekanan dan Temperatur dan Analisa Exergi di Evaporator, Kondensor, Kompresor dan mencari nilai Entalphy dan Entrophynya dan Efisiensi Exergi.

2. Teori Dasar

Water-Cooled Chiller merupakan mesin pendingin yang mempunyai fungsi mendinginkan air pada unit evaporator. Pada water-cooled chiller penyerapan dan pelepasan kalor menggunakan air yang didinginkan ditabung pendingin. Prinsip kerja *water-cooled chiller* serupa prinsip kerja sebuah mesin pendingin pada kompresi uap, dimana section dari water-cooled chiller zat pendingin dialirkan pada suatu proses pendinginan melalui pipa. komponen chilled-water system terdiri atas beberapa seperti chiller, koil pendingin, instalasi pemipaan, pompa air dan bagian control unit. (Pranata, Dantes dan Nugraha, 2019)

Air Handling Unit (AHU) adalah alat untuk mendistribusikan udara yang sudah dikondisikan dari sumber panas atau dingin menuju ruang yang dikondisikan. AHU merupakan komponen alat penukar panas dimana air dingin hasil proses pendinginan evaporator dialirkan menuju coil AHU, lalu udara dinginnya di alirkan blower dan didistribusikan melalui ducting keruangan.

Dalam analisis mesin pendingin yang menggunakan chiller dengan kapasitas tertentu dimana udara dingin yang diproduksi lalu disebarluaskan ke AHU dan FCU dengan komponen utamanya seperti kompresor, kondensor, katup ekspansi, evaporator, pompa dan sistim pendingin (Yu.dkk, 2006).

Water chiller merupakan sistim pendingin yang menggunakan cairan sebagai media pendingin, siklus dimulai dengan evaporator refrigeran cair untuk digunakan pada siklus sekunder dan setelah itu pendinginan ruangan melalui AHU. (metty,dkk.2012)

Exergi

Analisis Exergy merupakan alat yang ampuh dalam merancang, mengoptimalkan, dan evaluasi kinerja system energi. Prinsip dan metodologi analisis eksergi siap untuk digunakan. Menurut Gaggioli RA bahwa penyebab kehilangan eksergi terbanyak adalah perpindahan kalor dievaporator dengan mengganti penggunaan bahan refrigerant dan eksergi pada boiler memiliki efektivitas eksergi paling kecil (40,99% untuk karakteristik gas dan 46,6% untuk karakteristik non gas). Exergi tertinggi (85.800 kW untuk gas normal dan 114.071 kW untuk diesel). (Ahamed,dkk, 2011)

Analisis energy dan eksergi dilakukan dalam rangka pendinginan kompresi uap multi-evaporator. Dalam ekspansi untuk melihat kerusakan eksergi pada masing-masing komponen, pengaruh temperatur kondensor dan evaporator terhadap Coefision Of Perfomance (COP). Ditemukan bahwa listrik vitalitas terpenting yang diolah oleh kompresor adalah 351,3547 watt dan setidaknya 210,5702 watt. Penghapusan eksergi penuh dari kerangka kerja pendinginan kompresi uap multi-evaporator tertinggi mencapai 275,3783 watt sedangkan yang paling berkurang adalah 177,0727 watt. (Saidur R, dkk 2007).

Konsep eksergi sama tuanya dengan ilmu termodinamika: eksergi adalah jumlah maksimum pekerjaan berkualitas tinggi (misalnya pekerjaan listrik atau mekanik) yang dapat diperoleh ketika beberapa bentuk energi diubah secara reversibel menjadi sistem referensi yang ditentukan.

Sifat dari eksergi

1. Eksergi dapat dihilangkan oleh ketidak terbalikkan (tidak kekal seperti energi).
2. Eksergi dapat dipindahkan dari/ke sistem.

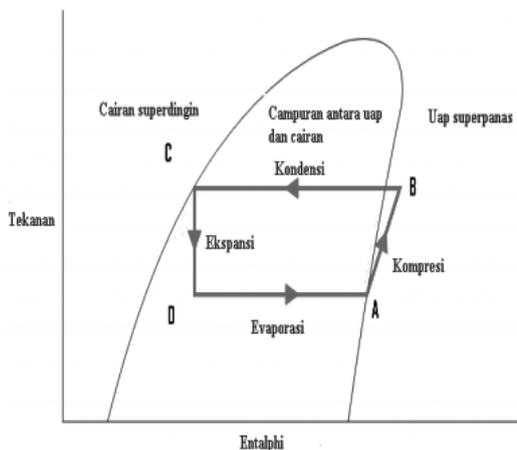
Beberapa Aspek Eksergi

1. Eksergi adalah ukuran jauhnya tingkat keadaan sistem dari lingkungan.
2. Eksergi adalah sifat (tidak bergantung pada proses) yang bergantung pada sistem dan lingkungannya.
3. Eksergi tidak dapat bernilai negatif karena semua sistem yang tidak berada pada tingkat keadaan lingkungan dapat dengan spontan berubah ketinggian keadaan sekeliling.

- Eksergi tidak kekal, tetapi dapat dihancurkan oleh keterbalikan.
- Eksergi dapat seluruhnya hancur bila dibiarkan secara spontan ke tingkat keadaan mati.

Sistem Kompresi Uap

Siklus refrigerasi kompresi uap merupakan semacam mesin pendingin yang paling sering digunakan saat ini. Mesin pendingin ini terdiri dari empat komponen utama, yaitu kompresor khusus, kondensor, katup ekstensi, dan evaporator. (Wirawan, 2009)



Cara kerja mesin pendingin dengan siklus uap refrigerasi kompresi adalah sebagai berikut :

Fluida kerja dikompresi di dalam kompresor dari level 1 ke level 2, pada tekanan yang tinggi ini fluida kerja ini dikondensasi di dalam kondensor ke level 3 dan setelah itu diperpanjang oleh katup ekstensi ke level 4 dan menguap di dalam evaporator kembali untuk menyatakan tingkat 1.

Pada sistem Pendinginan terdiri dari beberapa instrumen primer yang mendasar untuk kompresi uap dengan lebih spesifik :

- Kompresor**, berfungsi untuk meningkatkan tekanan refrigerant.
- Kondensor**, berfungsi mendinginkan atau mengembunkan refrigerant berarti terjadi panas yang dibuang di dalam kondensor.
- Katup ekspansi**, berfungsi untuk mengeskan refrigerant secara entalpi konstan dan tidak ada panas yang diserap maupun dibuang pada proses ekspansi untuk menurunkan tekanan refrigerant.
- Evaporator**, berfungsi untuk memanaskan atau menguapkan refrigerant, berarti ada panas yang diserap oleh refrigerant sehingga

terjadi efek pendinginan pada lingkungan sekitarnya.

Komponen Pengkondisian Udara

A. Kompresor

Kompresor dapat menjadi alat yang digunakan untuk menyedot uap refrigeran dan mengompresnya sehingga uap refrigeran yang berlebihan naik ke berat yang diperlukan untuk kondensasi uap refrigeran di dalam kondensor.

B. Kondensor

Kerja dari kondensor adalah untuk mengevakuasi panas yang dipertahankan dari evaporator dan panas yang datang dari kompresor, serta berubah dari gas menjadi cairan. Perpindahan kalor yang terjadi dalam kondensor adalah menimbulkan kepanasan diserap oleh refrigeran dalam evaporator yang identik dengan kapasitas yang dibutuhkan untuk melakukan kompresi dan panas pekerjaan kerangka kerja.

C. Katup Ekspansi

Digunakan untuk pembukakan dan penutupan aliran refrigeran cairan di bawah tekanan tinggi dan rendah suatu tekanan. Pembukaan katup kapasitas untuk menguras dan menurunkan refrigerant berat dari kondensor sehingga mudah hilang dalam evaporator.

D. Evaporator

Evaporator juga disebut boiler, pendingin, frosters, koil pendingin, unit pendingin dan lain-lain. Kerja evaporator adalah untuk mempertahankan panas dari ruangan atau air dalam ruangan didinginkan. Pada saat itu ia menyebarkan yang panas melalui kondensor dalam ruang pendinginan.

E. Pompa Sirkulasi

Pompa sirkulasi pada Mini Water Chiller berfungsi untuk mensirkulasikan air yang berada pada Shell and Tube menuju ke FCU (Fan Control Unit)

F. FCU (Fan Control Unit)

FCU merupakan alat penukar kalor antara air dingin dengan udara, pada sistem ini, air dingin yang melewati evaporator yang sudah dimodifikasi di FCU yang berada di dalam ruangan dihembuskan oleh fan sehingga membuat suhu di dalam ruangan menjadi dingin.

G. Pipa

Pipa yang digunakan pada Mini Water Chiller adalah pipa tembaga, pipa memiliki fungsi sebagai sistem instalasi untuk tempat mengalirnya media – media pendingin pada Mini Water Chiller.

H. Solenoid Valve

Solenoid pada Mini Water Chiler sebagai katup otomatis yang berfungsi untuk mengaliri atau menghentikan laju aliran air yang di pompa menuju FCU jika sudah mencapai suhu yang diinginkan

Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor adalah pertukaran dari temperatur (hangat) dari satu rentang yang lain karena temperatur berbeda . Ada tiga macam dari temperatur hangat, khususnya konduksi, konveksi, dan radiasi. (Putra Mbulu & Jalu Permana, 2020)

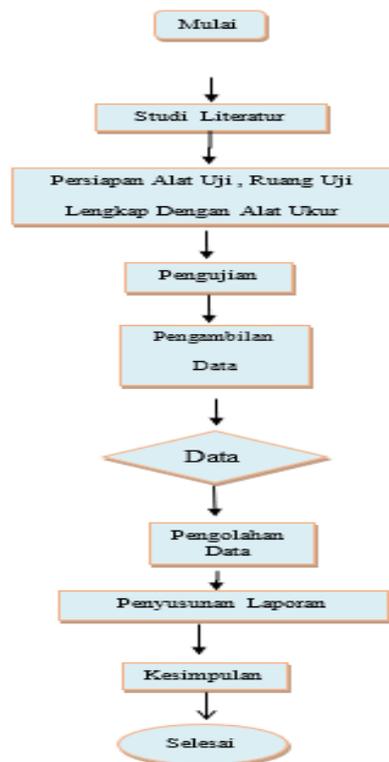
Ilmu perpindahan kalor melengkapi hukum utama dan momen termodinamika, dengan memberikan beberapa aturan eksplorasi yang dapat digunakan untuk memutuskan pertukaran temperature. Seperti dalam termodinamika, yang eksplorasi aturan dimanfaatkan di hangat pertukaran isu-isu yang sangat sederhana , dan dapat dengan mudah diperluas untuk mencakup luas berbagai tingkat keadaan . (Putra Mbulu & Jalu Permana, 2020)

Entalpy

Entalpi adalah energi yang dikandung oleh suatu bahan sesuai dengan suhu dan massa bahan tersebut. Dalam setiap proses refrigerasi yang kita amati adalah perubahan entalpinya. Perubahan entalpi adalah jumlah kalor yang diberikan atau diambil dalam tiap satuan massa melalui proses tekanan konstan.(Putra Mbulu & Jalu Permana, 2020)

Entalpi bisa menjadi istilah dalam termodinamika yang berkomunikasi dengan jumlah dari vitalitas dari termodinamika kerangka . Entalpi terdiri dari vitalitas bagian dalam suatu kerangka kerja , menghitung salah satu dari lima kemungkinan termodinamika dan kapasitas keadaan , serta volume dan berat (yang merupakan jumlah yang luas . Satuan SI entalpi adalah joule, tetapi satuan hangat Inggris dan kalori juga digunakan Entalpi total (H) tidak dapat diukur secara langsung .

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Alat Uji Penelitian

Alat yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian adalah mesin pengkondisian udara Mini Chiller.



Gambar 2 Alat Uji Mini Chiller

Prosedur Pengambilan Data

1. Mempersiapkan peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian.
2. Buka katup manual pada unit.

3. Aktifkan ELCB dan semua MCB di dalam Instrumen dan Control Panel. Pastikan LED tegangan menyala.
4. Atur mode ke posisi cooling.
5. Aktifkan saklar daya utama.
6. Amati water flow meter sesuaikan dengan yang ingin kita teliti.
7. lakukan pengambilan data, pada panel control dan pressure gauge.

Perhitungan Exergy

Analisis exergisitas bertujuan memprediksi daya maksimum sebuah sistim dengan cara menentukan kehancuran ireversibilitas (ketidak teraturan energi) di dalam setiap komponen sistem dan berfungsi menentukan efisiensi hukum kedua termodinamika. Secara konsep termodinamika tingkat kehancuran exergi pada setiap komponen bisa dikalkulasi dengan cara menghitung pembangkitan entropi (*entropy generation*) seperti pada alat kompresor, kondensor dan evaporator yang menggunakan persamaan umum exergi sebagai berikut , yaitu:

$$Ex_g = T_0 \cdot S_{gen(1-2)}$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Entalphi

Kecepatan air (m ³ /s)	Tegangan (volt)	Kuat arus (amp)	Kecepatan Udara (m/s)	Entalpi(Kj/Kg)		
				h ₁	h ₂	h ₃ =h ₄
0,178	220	5,8	40	413,55	459,3	249,11
0,196	220	5,9	40	413,22	459	249,37
0,218	220	6	40	413,22	459	249,76
0,226	220	6	40	413,22	459	249,76
0,247	220	6	40	413,22	458,8	249,6
0,178	220	5,8	60	413,73	459,35	248,58

0,196	220	5,9	60	413,71	459,35	245,3
0,218	220	6	60	413,72	459,35	247,28
0,226	220	6	60	413,76	459,35	246,5
0,247	220	6	60	413,63	459,19	247

Tabel 2 Data Entropi

Laju masa air (m)	Tair set (C)	T lingkungan (To)	Entropi (Kj/KgK)			
			s ₁	s ₂	s ₃	s ₄
0,178	3	30	2,18	2,24	1,16	1,23
0,196	4	29,9	2,12	2,22	1,12	1,23
0,218	5	29,8	2,15	2,23	1,16	1,23
0,226	6	29,7	2,14	2,24	1,16	1,23
0,247	7	29	2,18	2,44	1,13	1,23
0,178	3	30	2,12	2,24	1,16	1,23
0,196	4	29,4	1,87	2,21	1,16	1,23
0,218	5	29,3	1,82	2,24	1,16	1,23
0,226	6	29	1,98	2,22	1,16	1,23
0,247	7	29,6	1,89	2,24	1,16	1,23

Tabel 3 Data Exergi

Temp eratur Lower	Temp eratur High	Exergi(Kj/Kg)					Efisi ensi Exe rgi
		Ex g. ko m p	Ex g. ko nd	Ex g. eva p	To tal Eg	Seli sih	
TC	TH	0,3	3,9	16,	2,0	59,	0,96
8,4	38	20	76	176	47	503	7
8,4	38	0,5	4,3	17,	2,2	59,	0,96
		86	49	761	70	510	3

8,4	38	0,5 20	4,8 36	19, 623	2,4 98	59, 582	0,96 0
8,4	38	0,6 71	4,9 88	20, 290	2,5 95	59, 285	0,95 8
8,4	38	1,8 62	5,1 61	21, 629	2,8 65	59, 095	0,95 4
8,4	38	0,6 41	4,0 83	16, 660	2,1 38	59, 892	0,96 6
8,4	38	1,9 59	4,3 24	17, 681	2,3 96	59, 534	0,96 1
8,4	38	2,6 83	4,7 57	19, 545	2,6 98	59, 350	0,95 7
8,4	38	1,5 73	4,8 87	19, 924	2,6 38	59, 352	0,95 7
8,4	38	2,5 59	5,4 47	22, 359	3,0 36	58, 684	0,95 1

Analisa Exergi sebagai berikut ;

1) Exergi Kompresor

$$Ex_g = T_0 \cdot S_{gen(1-2)} = \dot{m} \cdot T_0 \cdot (s_2 - s_1)$$

Dimana :

Ex_g = Exergi yang dibangkitkan (kJ/kg)

s_2 = Entropy keluar kompresor (kJ/kgK)

s_1 = Entropy masuk kompresor (kJ/kgK)

T_0 = Temperatur lingkungan

Sehingga dengan substitusi ke persamaan menjadi ;

$$Ex_g = 0,178 \cdot 30 \cdot (2,24 - 2,18)$$

$$Ex_g = 0,32 \text{ kJ/kg}$$

2) Exergi Kondensator

$$Ex_g = T_0 \cdot S_{gen(1-2)} = \dot{m} \cdot T_0 \cdot (s_3 - s_2 + \frac{qh}{Th})$$

Dimana ;

Ex_g =entropi yang dibangkitkan (kJ/kg)

s_3 = Entropy keluar kondensator (kJ/kgK)

s_2 = Entropy masuk kondensator (kJ/kgK)

qh = kalor yang dilepas kondensator (W)

Th = Temperatur fluida panas (C)

T_0 = Temperatur lingkungan

Sehingga dengan substitusi ke persamaan diatas menjadi ;

$$Ex_g = 0,178 \cdot 30 \left((1,16 - 2,24) + \frac{323,99}{38} \right)$$

$$Ex_g = 3,976 \text{ kJ/kg}$$

3) Exergi Evaporator

$$Ex_g = T_0 \cdot S_{gen(4-1)} = \dot{m} \cdot T_0 \cdot (s_4 - s_1 + \frac{qe}{Tc})$$

Dimana;

Ex_g =entropi yang dibangkitkan (kJ/kg)

s_1 = Entropy keluar evaporator (kJ/kgK)

s_4 = Entropy masuk evaporator (kJ/kgK)

qe = kalor yang dilepas evaporator (W)

T_0 = Temperatur lingkungan

Sehingga dengan substitusi ke persamaan;

$$Ex_g = T_0 \cdot S_{gen(4-1)} = \dot{m} \cdot T_0 \cdot (s_4 - s_1 + \frac{qe}{Tc})$$

$$Ex_g = 0,178 \cdot 30 \left(1,23 - 2,18 + \frac{262,4}{8} \right)$$

$$Ex_g = 1,618 \text{ kJ/kg}$$

4) Total exergy sistim'

$$Total \text{ exergi sistim} = Ex_{g \text{ komp}} + Ex_{g \text{ kondensor}} + Ex_{g \text{ evaporator}}$$

Sehingga dengan substitusi ke persamaan menjadi;

$$Total \text{ exergi sistim} = 0,032 + 3,976 + 1,168 = 5,9 \text{ kJ/kg}$$

5) Efisiensi Exergy

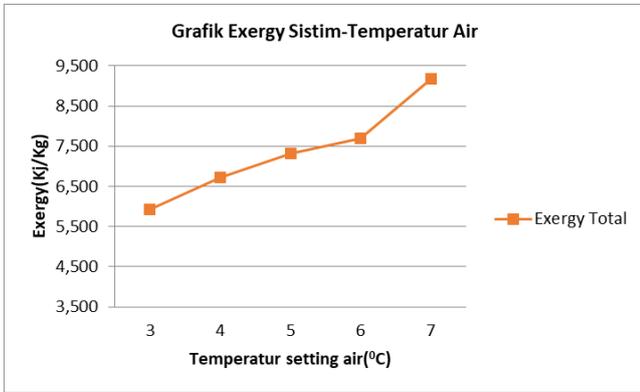
Secara empiris Efisiensi efisiensi exergi mesin pendingin sistim dengan membandingkan total exergi dibagi dengan kerja kompresor.

Sehingga efisiensi exergi menjadi ;

$$\pi = \frac{Wk - Total \text{ exergi}}{Wk} = \frac{61,55 - 5,9}{61,55} = 0,903 \%$$

Analisa Data

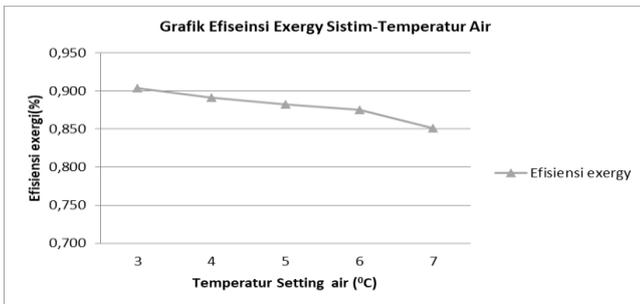
a. Pengaruh Temperatur air terhadap exergy pagi hari



Grafik 1 Grafik Temperatur Air- Exergy Sistim

Pada Grafik1 diatas memperlihatkan pengaruh penambahan kenaikan temperatur air terhadap perubahan exergy pada kondisi pagi hari dimana pada temperatur 3 °C nilai entropy mendekati 5,9 kJ/kgC dan mencapai 9,12 kJ/kgC pada temperatur air yang disetting 7 Celcius.Kecenderungan peningkatan ini disebabkan sifat irreversibilitas dari entropy seiring perubahan temperatur.

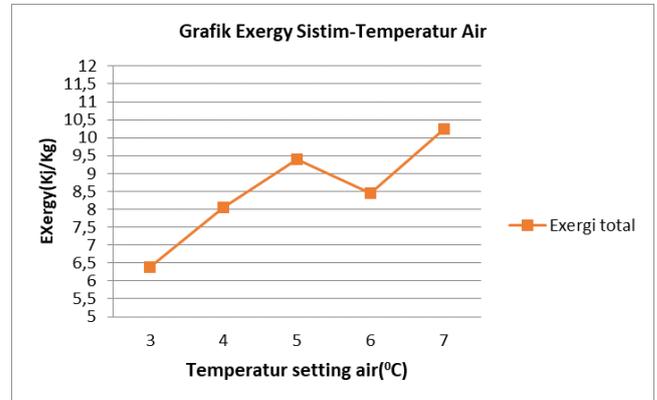
b. Efisiensi Exergi pagi hari



Grafik 2 Grafik Efisiensi Exergy Sistim Temperatur Air

Pada grafik 2 menggambarkan pengaruh penambahan temperatur air terhadap efisiensi exergy dimana trend grafiknya mengalami penurunan efisiensi exergy , hal ini terjadi karena besarnya daya di kompresor sehingga temperatur kompresor naik seiring dengan kenaikan temperatur air, hal ini diduga penyebab adalah jumlah kalor yang dipertukarkan dengan lingkungan sedikit.Pada temperatur 3 C nilai efisiensi exergi 0,97 dan terendah mencapai 0,95 pada temperatur 7 C.

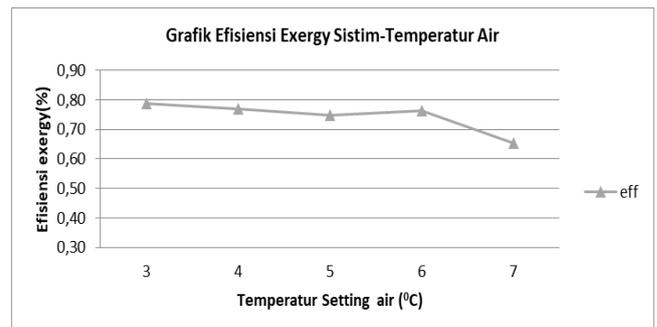
c. Exergi Siang hari



Grafik .3. Grafik Temperatur Air- Exergy Sistim (Siang)

Pada Grafik 3 diatas memperlihatkan pengaruh kenaikan temperatur air terhadap perubahan exergy pada kondisi pagi hari dimana pada temperatur 3 °C nilai entropy mendekati 6,4 kJ/kgC dan mencapai 10,24 kJ/kgC pada temperatur air yang disetting 7 Celsius.Pada temperatur 5 °C menuju 6 °C mengalami penurunan dan kemudian naik lagi. Kecenderungan peningkatan dan penurunan ini disebabkan sifat irreversibilitas dari entropy seiring perubahan temperature air.

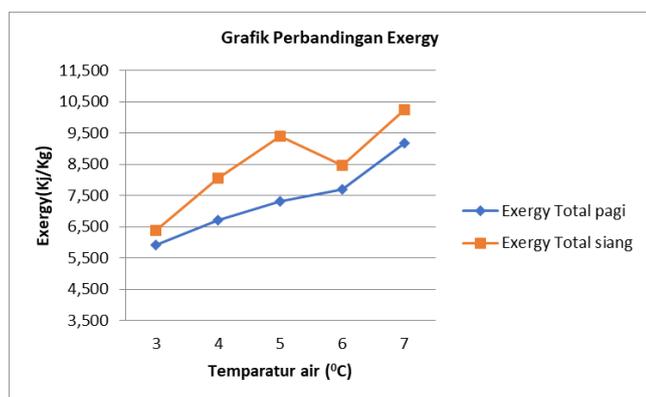
d. Efisiensi Exergi Siang



Grafik 4. Grafik Efisiensi Exergy Sistim-Temperatur Air (Siang)

Pada Grafik 4 menggambarkan pengaruh penambahan temperatur air terhadap efisien exergy dimana trend grafiknya mengalami penurunan efisiensi exergy , hal ini terjadi karena besarnya daya di kompresor sehingga temperatur kompresor naik seiring dengan kenaikan temperatur air, hal ini diduga penyebab adalah jumlah kalor yang dipertukarkan dengan lingkungan sedikit sekali. Pada temperatur 3 C nilai efisiensi exergi 0,79 dan terendah mencapai 0,73 pada temperatur 7 C.Parsentase penurunan sebesar16 %.

e. Perbandingan Exergy



Grafik 5. Grafik Perbandingan Efisiensi Exergy Sistem-Temperatur Air (Siang)

Grafik 5 memperlihatkan perbandingan efisiensi exergi pagi dengan siang hari dimana kedua kondisi mempunyai trend yang sama ketika temperatur setting air di evaporator mengalami kenaikan dari 3 derajat Celsius hingga 7 Celsius. Pada temperature terendah 3 C pagi hari nilai efisiensi exergi siang hari 6,4 dan pagi hari 5,9 terjadi perubahan 8 % lebih tinggi pada siang hari. Pada temperatur tertinggi 7 C nilai efisiensi exergi siang hari 10,2% dan pagi hari 9,16% terjadi perubahan 11,5 % lebih tinggi pada siang hari dari pagi hari, hal ini disebabkan pada siang hari temperature lingkungan sudah stabil dengan temperature lingkungan dari sistem.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Trend exergi dari nilai tertinggi mulai kondensor, kompresor dan evaporator. Nilai yang paling besar terjadi di komponen kondensor dari sistem refrigerasi, hal ini terjadi karena proses kompresi yang terjadi di kompresor menyebabkan peningkatan temperatur dan tekanan refrigeran sehingga terjadi perbedaan nilai entropi yang tinggi
2. Kecendrungan peningkatan total exergi seiring bertambah perbedaan temperatur air dan laju masa air sebagai akibat terjadi irreversibilitas. Nilai exergi terendah 5,9 KJ/kg dan yang paling besar mencapai 9,18 kJ/kg pada pagi hari di .Sementara pada siang hari 6,39 hingga 10,42 pada retang temperature 3-7 derajat Celsius
3. Penurunan kehancuran exergi yang terjadi pada sistem pada saat temperature awal tinggi karena daya listrik yang diserap oleh kompresor besar disamping itu terjadi peningkatan laju aliran massa air yang diikuti dengan penambahan

entropi sehingga menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi exergi. Efisiensi exergi tertinggi mendekati 1 dan terendah 0,9 persen.

4. Kecendrungan peningkatan exergi seiring bertambah perbedaan temperatur air pada siang hari dan kerugian tekanan sebagai akibat terjadi irreversibilitas dimana terjadi pembangkitan entropi di Kondensor pada mesin pendingin. Nilai exergi terendah 3,9 KJ/kg dan yang paling besar mencapai 5,2 kJ/kg.

SARAN

Saran yang saya berikan setelah menyelesaikan Skripsi ini:

- Pemeliharaan mesin pendingin secara rutin dan berkala harus dilakukan agar menjaga kualitas udara penyegaran agar tetap nyaman

DAFTAR PUSTAKA

- Ahamed, J. U., Saidur, R., & Masjuki, H. H. (2011). A review on exergy analysis of vapor compression refrigeration system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1593–1600. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.039>
- Anwar, K. (2010). Efek Beban Pendingin terhadap Performa Sistem Mesin Pendingin. *Jurnal SMARTek*, 8(3), 203.
- Arya, J. S., & Chavda, N. K. (2014). Design and Performance Analysis of Water Chiller-A Research. *Journal of Engineering Research and Applications* www.ijera.com, 4(6), 19–25. www.ijera.com
- Bouaziz, N., & Lounissi, D. (2015). Energy and exergy investigation of a novel double effect hybrid absorption refrigeration system for solar cooling. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(39), 13849–13856. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.05.066>
- Metty, K., Negara, T., & Wijaksana, H. (2012). Analisa Performansi Sistem Pendingin Ruangan dan Efisiensi Energi Listrik pada Sistem Water Chiller dengan Penerapan Metode Cooled Energy Storage. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 4(1), 4–11.
- Putra Mbulu, B. C., & Jalu Permana, A. P. (2020). Rancang Bangun Mesin Pengering Menjes Gombal Dengan Studi Kasus Pengaruh Variasi Waktu Dan Temperatur. *Praxis*, 2(2), 197. <https://doi.org/10.24167/praxis.v2i2.2531>
- Reynaldi, A., & Koswara, E. (2012). Analisis

Efisiensi Kerja Chiller Pada Mesin Ekstruder Di Pt. Arteria Daya Mulia Cirebon. *IRWNS Industrial Research Workshop*, 45418(103), 459–464.

Santoso, D., & Hasan Basri, D. (2011). *Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3 Palembang ANALISIS EKSERGI SIKLUS KOMBINASI TURBIN GAS-UAP UNIT PLTGU INDERALAYA*. 26–27.

Wirajati, I., & Sucipta, M. (2009). Influence of Fixed Temperature of Chilled Water Outlet Setting toward Performance of Chiller Absorbtion with Two Level Heating Cycle Method. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 3(1), 73–76.

Wirawan, I. K. G. (2009). Analisa Performansi Pengkondisian Udara Tipe Window dengan Penambahan Alat Penukar Kalor Performance Analysis of Window Type Air Conditioning with Addition of Heat Exchanger Equipment. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2), 157–163.

Yu, F., Chan, K., & Chu, H. (2006). Efficiency Improvements of Air-Cooled Chillers Equipped With High Static Condenser Fans Efficiency Improvements of Air-Cooled Chillers Equipped with High Static Condenser Fans. *International Refrigeration and Air Conditioning*. <http://docs.lib.purdue.edu/iracc/749>