

# Pendinginan Refrigerasi Untuk Air Pendingin Kondensor Sebagai Upaya Penghematan Penggunaan Air

Dedy Eko Rahmanto<sup>#1</sup>, Siti Diah Ayu Febriani<sup>#2</sup>

<sup>#</sup>Teknik Energi Terbarukan - Politeknik Negeri Jember  
Jl. Mastrip Jember

<sup>1</sup>dedy\_eko@polije.ac.id

<sup>2</sup>diah\_nari@yahoo.com

## Abstract

Thermal distillation need cooling process for condensation process. The cooling process usually use water. These process need water in large quantities so it can inhibit the distillation process due to lack of water. The aim of the research was to design the condenser of cooling process for distillation using heat pump of refrigeration system to decrease water utilization because the water can be resirculated. The parameters were determined i.e water temperature, electrical power of the compressor, and cooling time. The result showed that the water temperature was decreased about 11,4 °C in 30 minutes. The distilator type of GFL 2012 need the cooling water about 210,19 liter/h, while the distilator type of GFL 2004 need the cooling water about 33,62 liter/h. The distilator type of GFL 2012 and the distilator type of GFL 2004 required a heat release rate of 140,87 up to 156,05 J/g of cooling water. These capacity can cool and conserve the use of distillator cooling water up to 11,16 kg/h.

*Keywords*— cooling, distillation, refrigeration, water.

## I. PENDAHULUAN

Destilasi air merupakan proses pemisahan air dari bahan atau mineral yang terlarut didalamnya. Pemisahan ini dilakukan dengan cara menguapkan air dari suatu bejana kemudian uap air yang terbentuk disalurkan ke dalam sebuah kondensor agar terkondensasi menjadi air yang murni. Air hasil destilasi adalah air murni yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan laboratorium, seperti pembuatan larutan, pengenceran dan sebagainya.

Kondensor pada sistem destilasi biasanya menggunakan air untuk mendinginkan uap yang dihasilkan dari evaporator sehingga dapat terkondensasi. Uap yang melalui kondensor akan melepaskan panas laten kondensasi untuk mengubah wujudnya menjadi cair. Jumlah air pendingin yang diperlukan tergantung dari jenis kondensor dan jumlah uap yang harus dikondensasikan. Kondensor yang besar dan jumlah uap yang banyak akan memerlukan air pendingin yang banyak.

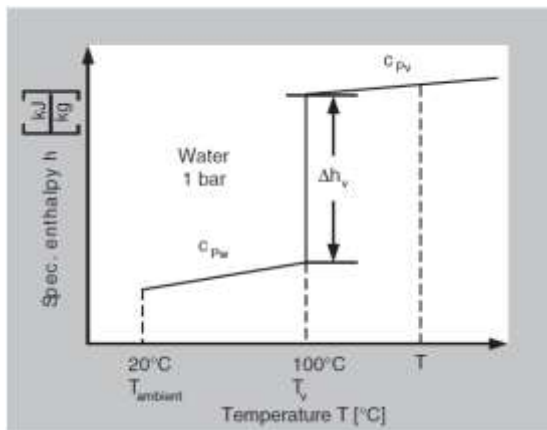
Proses destilasi sering terhambat karena kekurangan air pendingin. Hal itu sering terjadi di musim kemarau atau di daerah yang sulit air. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi kekurangan air pendingin kondensor adalah dengan melakukan resirkulasi air

pendingin kondensor dan menambahkan sistem pendingin untuk mendinginkan air tersebut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Destilasi air pada prinsipnya adalah untuk memisahkan air dari kandungan bahan yang terlarut didalamnya. Air dan gas yang terlarut di dalamnya dapat menguap selama proses destilasi. Mineral terlarut seperti garam-garaman tidak dapat teruapkan dengan mudah hingga temperatur 300 C, sehingga dalam proses destilasi diasumsikan hanya uap air murni saja dan gas yang terlarut didalamnya yang akan terbawa keluar sedangkan garam dan mineral akan tertinggal. Selama proses kondensasi hanya uap air saja yang akan terkondensasi sehingga diperoleh kondensat berupa air murni [1]. Contoh sederhana pemisahan suatu campuran homogen padatan yang terlarut atau dua buah larutan melalui proses destilasi[2].

Kebutuhan energi panas untuk menaikkan suhu air dan menguapkan air pada tekanan standar 1 bar digambarkan sebagai hubungan suhu dan entalpi seperti pada Gambar 1 [3].



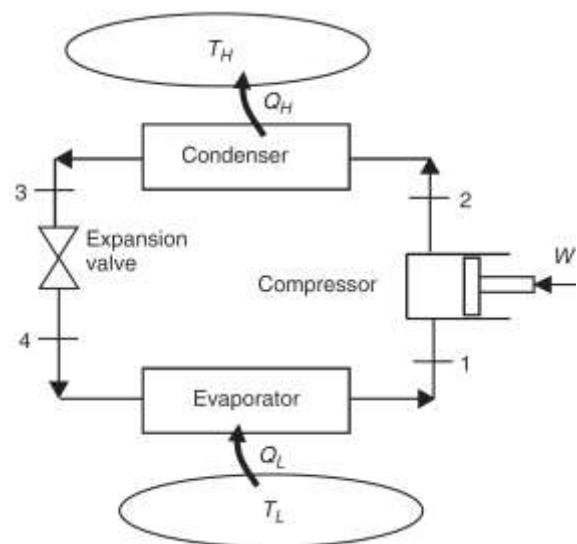
Gambar 1 Grafik hubungan suhu dan entalpi air

Proses kondensasi di dalam kondensor pada sistem destilasi menghasilkan energi panas karena adanya panas laten kondensasi. Semakin besar hasil kondensasinya semakin besar pula jumlah panas yang dilepaskan. Panas tersebut diserap oleh penukar panas di kondensor dan dibawa oleh fluida pendingin kondensor. Fluida pendingin kondensor yang biasa digunakan adalah air [4]. Jumlah energi panas yang diserap oleh air pendingin kondensor dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_w = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$Q_w$  adalah jumlah energi yang diserap air pendingin (kJ),  $m$  adalah massa air pendingin (kg),  $C_p$  adalah kalor jenis air pendingin ( $\text{kJ kg}^{-1} \text{C}^{-1}$ ),  $\Delta T$  adalah perubahan suhu air pendingin setelah menyerap panas (C).

Sistem pendingin kompresi uap bekerja dengan menggunakan *refrigerant* sebagai fluida kerja. *Refrigerant* akan menyerap panas di evaporator kemudian akan melepaskannya di kondensor. *Refrigerant* dipompa menggunakan kompresor agar sistem dapat bekerja. Mekanisme pendingin sistem pompa panas ditunjukkan pada Gambar 3 [5]. Diagram entalpi dan tekanan pada sistem refrigerasi pompa panas ditunjukkan pada Gambar 4 [6].



Gambar 2 Mekanisme kerja pendingin refrigerator pompa panas

Kerja dari sistem pendingin refrigerasi pompa panas dapat dikendalikan dengan menggunakan thermostat. Thermostat berfungsi menghidupkan dan mematikan sistem sesuai dengan seting suhu yang diinginkan. Diagram penggunaan thermostat untuk mengendalikan beban ditunjukkan pada Gambar 5 (Whitman et al. 2009).

### III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk investigasi penggunaan air pendingin destilasi dan merancang pendingin air sistem refrigerasi pompa panas serta uji kinerjanya.

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah penghematan penggunaan air dalam proses destilasi.

### IV. METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan selama dua bulan September sampai Oktober 2017 di Laboratorium Teknik Energi Terbarukan Politeknik Negeri Jember.

#### B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Kompresor 1/3 HP.
2. Kondensor beserta kipas
3. Besi stainless holo 2,5 cm dan 2 cm
4. Las Argon.
5. Gerinda potong.
6. Meteran
7. Wattmeter tipe DEM1499.
8. Thermometer Lutron.
9. Stopwatch
10. Timbangan digital

11. Refrigerant R134A
12. Aquades

### C. Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan observasi pada alat destilator tipe GFL 2012 dan GFL 2004. Observasi dilakukan dengan cara mengamati kebutuhan air pendingin pada destilator tersebut menggunakan metode pengukuran debit secara langsung. Air pendingin keluaran kondensor ditampung dalam wadah dalam waktu tertentu berpedoman pada stopwatch. Air yang telah tertampung kemudian ditimbang. Suhu air sebelum masuk dan setelah keluar destilator juga diukur.

Sistem pendingin direncanakan berkapasitas sekitar 1000 watt. Kompresor yang dipilih adalah 1/3 HP. Rangka alat pendingin dibuat dari bahan besi stainless.

Pengujian kinerja pendinginan dilakukan dengan menggunakan air sebanyak 16 kg. Parameter yang diamati adalah suhu, kebutuhan daya kompresor dan waktu. Pengujian kinerja dilakukan dalam waktu 30 menit. Proses pengujian ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar3. Pengujian kinerja pendinginan

## V. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

Investigasi kebutuhan air pendingin destilator dilakukan terhadap destilator tipe GFL 2012 dan GFL 2004. Hasil investigasi air pendingin kondensor ditampilkan pada Tabel 1 dan tabel 2.

TABEL1 HASIL INVESTIGASI DESTILATOR GFL2012

Ulangan	Suhu masuk (C)	Suhu Keluar (C)	Debit (g/s)	Panas yang diserap (J/s)
1	29,5	64,1	57,79	8357,79
2	29,6	63,5	58,52	8291,82
3	29,5	62,1	58,85	8019,89
Rata-rata	29,53	63,23	58,38	8223,17
Stdev	0,06	1,03	0,54	179,10

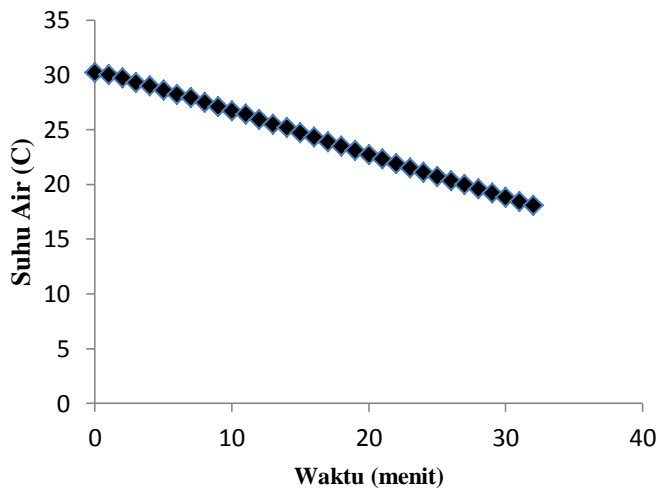
TABEL2 HASIL INVESTIGASI DESTILATOR GFL 2004

Ulangan	Suhu masuk (C)	Suhu keluar (C)	Debit (g/s)	Panas yang diserap (J/s)
1	29,6	67,2	9,88	1553,29
2	29,4	66,5	9,86	1528,66
3	29,5	66,8	9,34	1456,16
Rata-rata	29,5	66,83	9,69	1540,97
Stdev	0,14	0,49	0,02	17,41

Destilator GFL2012 memerlukan air pendingin 58,38 gram per detik atau 210,19 kg per jam. Kebutuhan air pendingin GFL2012 bila dikonversi ke liter adalah setara dengan 210,19 liter per jam, dengan asumsi massa jenis air adalah 1 kg per liter. Destilator GFL2004 memerlukan air pendingin dengan laju 9,69 gram per detik atau sama dengan 33,62 kg per jam. Bila dikonversi ke liter, kebutuhan air pendingin GFL2004 adalah sebesar 33,62 liter per jam. Air sejumlah itu biasanya akan dibuang langsung ke saluran pembuangan air. Pembuangan air pendingin tersebut menyebabkan kebutuhan air untuk proses destilasi sangat besar. Proses destilasi bisa terganggu atau bahkan terhenti bila persediaan air pendingin sedikit. Hal tersebut dapat terjadi di musim kemarau ataupun di daerah yang sulit air.

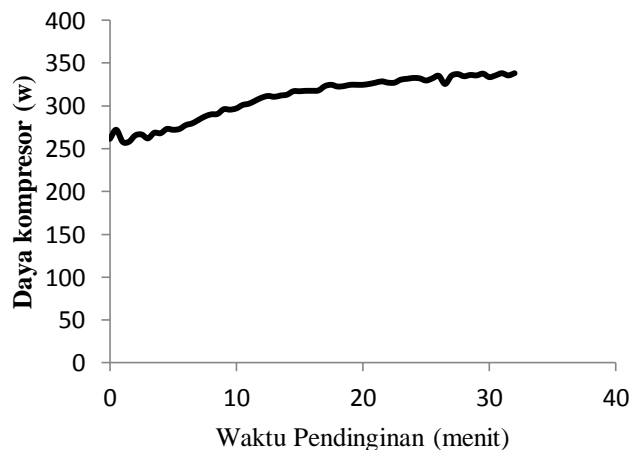
Laju aliran panas yang diserap oleh air pendingin destilator GFL 2012 adalah sebesar 8223,17 J/s atau setara dengan 8223,17 watt dengan yang diserap air pendingin sekitar 140,87 J/gram. Laju aliran panas yang diserap oleh air pendingin destilator GFL 2004 adalah 1540,97 J/s atau setara dengan 1540,97 watt dengan panas yang diserap oleh air pendingin sekitar 156,05 J/gram.

Alat pendingin hasil rancangan mempunyai dimensi 40 x 40 x 30 cm dengan rangka dari besi stainless holo 2,5 cm. Kompresor yang digunakan adalah Visco 1/3 HP. Kinerja pendinginan yang dihasilkan 421,48 J/detik dan mampu menurunkan suhu 16 kg air sekitar 11,4 C dalam waktu 30 menit. Secara perhitungan bila kondisi air keluaran kondensor destilasi menyerap panas sebesar 140,87 j/gram maka sistem pendingin hasil rancangan akan mampu mendinginkan sekitar 11,16 kg air per jam. Penurunan suhu air selama pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan waktu pengujian dan penurunan suhu air.

Kebutuhan daya kompresor berkisar berkisar 309,88 watt. Kebutuhan daya kompresor selama pengujian ditunjukkan pada Gambar 5. COP pendinginnya adalah 1,36, sehingga kerja pendinginan adalah 1,36 kali lebih besar dari kerja kompresor. Nilai COP tersebut sebenarnya masih kurang tinggi karena biasanya mesin pendingin komersial nilai COPnya lebih dari 2.



Gambar 5. Grafik hubungan waktu pengujian dan penurunan suhu air.

Kebutuhan daya listrik kompresor meningkat seiring dengan waktu, kemudian menuju stabil. Hal itu disebabkan oleh karakteristik kompresor itu sendiri pada umumnya. Pada awal proses runing kompresor biasanya membutuhkan arus tinggi saat start kemudian menurun dan selanjutnya meningkat hingga akhirnya mulai stabil.

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Dari pembahasan hasil pengujian mesin pendingin dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Destilator GFL2012 dan GFL 2004 memerlukan pendinginan dengan laju pelepasan panas 140,87 hingga 156,05 J per gram air pendingin
2. Kapasitas Sistem pendingin hasil rancangan secara perhitungan dapat mendinginkan air pendingin kondensor 11,16 kg per jam.
3. Nilai COP alat yang dihasilkan adalah 1,36.

### 2. Saran

Sebaiknya kapasitas pendingin destilasi lebih besar daripada panas yang dilepaskan kondensor destilasi agar air pendingin destilasi dapat disirkulasi ulang seluruhnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada P3M Politeknik Negeri Jember yang telah membiayai penelitian ini melalui Program BOPTN 2017.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saidur R, E.T. Elcevvadi, S. Mekhilef, A. Safari, H.A. Mohammed. *An Overview of Different Distillation Methods for Small Scale Applications*. Renewable and Sustainable Energy Review 15 (2011) 4756 – 4764. 2011
- [2] Malone L.J, Theodore Dolter. *Basic Concept of Chemistry*. John Wiley & Sons. New Jersey. 2010
- [3] Kucera J. *Desalination Water from Water*. Scrivener Publishing. Beverly. 2014
- [4] Gorak A., E Sorensen. *Distillation: Fundamentals and Principles*. Academic Press. Amsterdam. 2014
- [5] Dincer I, M Kanoglu. *Refrigeration System and Applications*. John Wiley & Sons. Singapore. 2010
- [6] Hundy GF., AR Trot, TC Welch. *Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps*. Butterworth-Heinemann. Amsterdam. 2016
- [7] Whitman WC, WM Johnson, JA Tomezyk, E Silberstein. *Refrigeration and Air Conditioning Technology*. Delmar. USA. 2009