

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH TEKANAN UDARA TERHADAP PERPINDAHAN PANAS PADA KONDENSOR DESTILASI

Achmad Wibolo¹), I Made Anom Adiaksa²), dan I Nyoman Gunung³)

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, Kampus Bukit Jimbaran, Mangupura, 80361

¹wibolo@pnb.ac.id

²madeanomadiaksa@pnb.ac.id

³nyomangunung@pnb.ac.id

Abstract

The science of thermodynamics states that pressure and temperature are directly proportional, meaning that if the pressure decreases, the temperature will also decrease. Pressure is always related to mass density. Mass density is the amount of mass on units volume, so that if the density decreases, the pressure will decrease. Vacuum is a room condition where some of the air and other gases have been removed so that the pressure in the room is below atmospheric pressure. The previous distillation condenser applies Bernaouli's law where the amount of air entering is equal to the amount of air leaving. This study uses an experimental method by treating the pressure in the tube. Pressure drop by gradually reducing the amount of air entering the tube.

The pressure drop on the top side is 50.94% of the half closed hole compared to the fully closed hole, the pressure drop on the bottom side is 60.44% of the half closed hole compared to the fully closed hole. Heat transfer on the upper side of the tube increased by 36.97% from the treatment of closing half the number of air holes, an increase of 73.94% from the treatment of the air holes being left open compared to the air holes which were all closed. The heat transfer on the bottom side of the tube increased by 20.99% from the treatment of closing half the number of air holes, an increase of 43.43% from the treatment of air holes being left open compared to the air holes which were all closed. The conclusion is pressure can affect changes in temperature and heat transfer in the distillation condenser.

Keywords: *pressure, vacuum, temperature*

Abstrak

Ilmu termodinamika menyatakan bahwa tekanan dan temperatur berbanding lurus, artinya apabila tekanan menurun maka suhu akan ikut menurun. Tekanan selalu berhubungan dengan kerapatan massa. Kerapatan massa atau kepadatan massa adalah jumlah massa per unit volume, sehingga apabila kerapatan menurun maka tekanan akan menurun. Vakum adalah kondisi ruangan yang sebagian dari udara dan gas lainnya telah dikeluarkan sehingga tekanan di dalam ruangan tersebut di bawah tekanan atmosfer. Kondensor destilasi sebelumnya berlaku Hukum Bernaouli dimana jumlah udara yang masuk sama dengan jumlah udara yang keluar. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan melakukan perlakuan terhadap tekanan dalam tabung. Penurunan tekanan dengan mengurangi secara bertahap jumlah udara yang masuk ke tabung.

Penurunan tekanan pada sisi atas sebesar 50,94 % dari lubang yang tertutup setengah dibandingkan dengan lubang yang tertutup penuh, penurunan tekanan pada sisi bawah sebesar 60,44 % dari lubang yang tertutup setengah dibandingkan dengan lubang yang tertutup penuh. Perpindahan panas pada sisi atas tabung terjadi peningkatan sebesar 36,97 % dari perlakuan penutupan setengah jumlah lubang udara, peningkatan sebesar 73,94 % dari perlakuan lubang udara dibiarkan terbuka dibandingkan dengan lubang udara yang semuanya tertutup. Perpindahan panas pada sisi bawah tabung terjadi peningkatan sebesar 20,99 % dari perlakuan penutupan setengah jumlah lubang udara, peningkatan sebesar

43,43 % dari perlakuan lubang udara dibiarkan terbuka dibandingkan dengan lubang udara yang semuanya tertutup. Kesimpulannya tekanan dapat berpengaruh terhadap perubahan suhu dan perpindahan panas pada kodensor destilasi.

Kata Kunci: *tekanan, vakum, suhu*

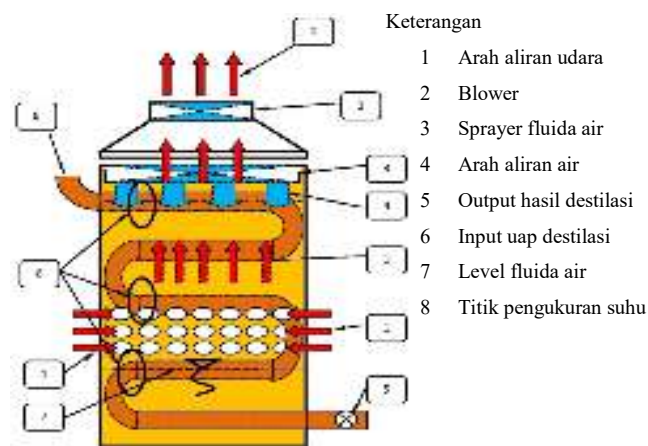
PENDAHULUAN

Ilmu termodinamika menyatakan bahwa tekanan dan temperatur berbanding lurus, artinya apabila tekanan menurun maka suhu akan ikut menurun begitu juga sebaliknya apabila tekanan meningkat maka suhu akan ikut meningkat (Wikipedia). Hukum Charles menyatakan bahwa pada tekanan tetap, volume gas ideal bermassa tertentu berbanding lurus terhadap temperturnya dan Hukum Gay-Lussac menyatakan jika gas dalam wadah tertutup volumenya dijaga konstan maka tekanan gas berbanding lurus dengan temperatur mutlaknya. Hukum Van Der Waals melalui hasil modifikasi persamaan gas ideal menyatakan bahwa tekanan berbanding lurus terhadap temperatur (Bregman, 2011). Pernyataan ketiga hukum itu memberikan kesimpulan bahwa untuk menurunkan suhu dalam ruangan maka tekanan haruslah diturunkan juga. Metode yang dpergunakan untuk menurunkan tekanan udara dalam tabung kondensor destilasi dengan cara mengeluarkan udara yang ada dalam tabung. Mengeluarkan jumlah udara dalam tabung dapat menurunkan kerapatan massanya. . Kerapatan massa atau kepadatan massa adalah jumlah massa per unit volume, sehingga apabila kerapatan menurun maka tekanan akan menurun. (Wikipedia). Hubungan tekanan vakum kondensor terhadap efektivitas pada kondensor, dimana semakin besar tekanan di dalam kondensor atau semakin kecil vakum pada kondensor, maka semakin kecil pula efektivitas kondensor yang dihasilkan (Maulana,2014). Hubungan antara tekanan vakum terhadap laju penguapan juga berbanding lurus semakin tinggi tekanan vakum maka laju penguapannya semakin besar (Martina, 2019). Vakum adalah kondisi ruangan yang sebagian dari udara dan gas lainnya telah dikeluarkan sehingga tekanan di dalam ruangan tersebut di bawah tekanan atmosfer, dengan kata lain, vakum berarti ruangan yang mempunyai kandungan kerapatan gas (partikel, atom dan molekul) atau tekanan gas yang tersebut lebih rendah dibandingkan kondisi di atmosfer dengan demikian kondisi vakum adalah kondisi tekanan gas di dalam ruangan di bawah tekanan atmosfer (Suprpto, 2017). Kondensor destilasi sebelumnya berlaku Hukum Bernaouli dimana jumlah udara yang masuk sama dengan jumlah udara yang keluar (Anom, 2019).

Penelitian ini akan memberikan informasi tentang apakah penurunan tekanan dalam tabung dapat berpengaruh terhadap perpindahan panas yang terjadi. Penurunan tekanan dalam tabung dengan cara mengeluarkan jumlah udaranya menggunakan blower penghisap. Tekanan dalam tabung diharapkan lebih rendah dari tekanan atmosfer di luar tabung. Pengukuran tekanan dalam tabung menggunakan pressure gauge digital dan suhu diukur menggunakan thermometer digital untuk dapat menunjukkan data yang lebih akurat. Tujuan akhir dari penelitian ini untuk dapat mengetahui pengaruh tekanan dalam tabung terhadap perpindahan suhunya.

METODE PENELITIAN

Rancangan alat penukar kalor menggunakan type shell and tube dimana pipa uap panas menggunakan tembaga $\frac{3}{4}$ inci dengan panjang 3 meter dan tabung menggunakan plat stainless steel tebal 1,5 mm dengan dimensi 40 cm alas dan 60 cm tinggi. Aliran fluida air pendingin menggunakan pompa dengan head 3 m. Kipas penghisap udara menggunakan exhaust fan 8 inchi.

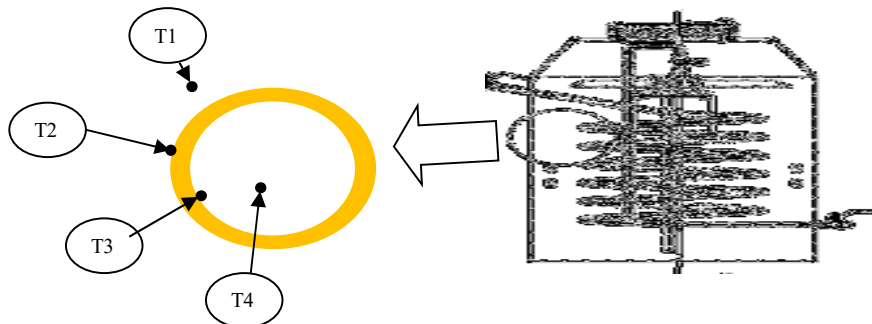


Gambar 1. Desain rancangan

Jumlah air pendingin diatur sebesar 6 liter/menit dengan menggunakan ceck valve, pengukuran suhu dilakukan pada beberapa titik yang berhubungan dengan perpindahan panas yang terjadi dengan menggunakan thermocouple.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian yaitu *thermocouple digital*, *barometer digital* dan *stopwatch*. Pengambilan data dalam pengujian menggunakan *thermocouple* dengan mengukur suhu dan barometer untuk mengukur tekanan di beberapa lokasi

(nomer 8 pada gambar 1) pada alat tabung kondensasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



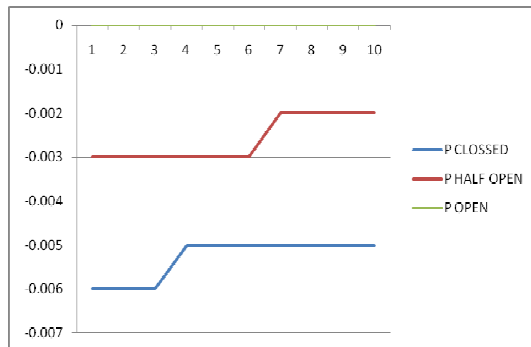
Gambar 2. Letak pengambilan data

Penurunan tekanan dilakukan dengan menutup lubang masuk udara yang berada di dinding kondensor (nomor 1 pada gambar 1), penutupan dilakukan secara bertahap untuk mengurangi debit udara yang masuk sampai lubang udara tertutup semua sehingga dapat dicapai kondisi vakum yang maksimal. Pengujian dilakukan berdasarkan variabel-variabel tetap seperti waktu, debit air dan kecepatan udara yang digunakan serta variabel bebas berupa tekanan dan temperatur.

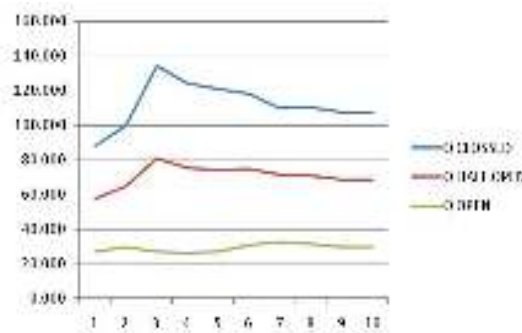
Pengujian dilakukan 5 kali dengan asumsi yang sama dimana katup uap akan dibuka ketika suhu dalam generator destilasi sudah tercapai 90 derajat celsius. Uap akan mengalir melalui pipa menuju kondensor. Blower udara dan pompa mulai start. Blower berfungsi untuk menghisap udara yang ada dalam kondensor. Pompa berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi bawah menuju sisi atas untuk dibuat seperti hujan yang akan menyiram pipa kondensor. Saluran masuk udara berada pada sisi bawah berupa lubang dengan diameter 10 mm sebanyak 60 buah. Pengujian dilakukan perlakuan terhadap tekanan dengan merubah jumlah udara masuk melalui lubang tersebut. Perlakuan dilakukan dengan 3 model yaitu membuka penuh semua lubang, membuka setengah jumlah lubang dan menutup penuh semua lubang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada grafik 1, grafik 2, grafik 3 dan grafik 4. Analisis menggunakan metode deskriptif dari grafik hasil pengujian.

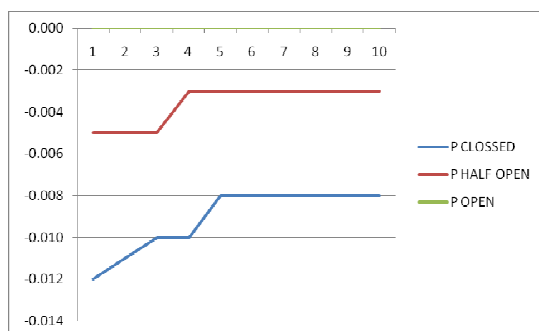


Grafik 1. Tekanan sisi atas

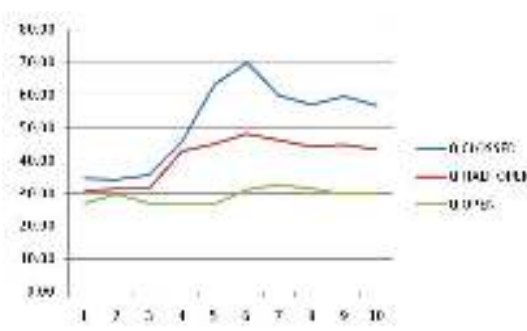


Grafik 2. Perpindahan panas sisi atas

Grafik 1 menunjukkan perbedaan tekanan yang sangat signifikan ketika dilakukan perlakuan terhadap lubang udara pada kondensor. Penurunan tekanan sebesar 50,94 % dari lubang yang tertutup setengah dibandingkan dengan lubang yang tertutup penuh. Ini membuktikan bahwa ketika tidak ada udara yang mengalir maka jumlah udara yang berada dalam tabung akan berkurang sehingga kerapatan massa akan menurun yang berpengaruh terhadap tekanan. Tekanan dalam tabung ketika semua lubang udara tertutup menurun sebesar 0.006 psi dari tekanan atmosfer. Pada saat lubang udara terbuka penuh maka udara mengalir secara bebas, akan mengakibatkan tekanan dalam tabung relative sama dengan tekanan di luar tabung. Grafik 2 menunjukkan perpindahan panas pada sisi atas tabung dimana terjadi peningkatan yang terlihat sebesar 36,97 % dari perlakuan penutupan setengah jumlah lubang udara. Peningkatan sebesar 73,94 % dari perlakuan lubang udara dibiarkan terbuka dibandingkan dengan lubang udara yang semuanya tertutup.



Grafik 3. Tekanan sisi bawah



Grafik 4. Perpindahan panas sisi bawah

Grafik 3 menunjukkan penurunan tekanan pada sisi bawah sebesar 60,44 % dari lubang yang terbuka setengah dibandingkan dengan lubang yang tertutup penuh. Tekanan dalam tabung ketika semua lubang udara tertutup menurun sebesar 0.0091 psi dari

tekanan atmosfer. Pada saat lubang udara terbuka penuh maka udara mengalir secara bebas, akan mengakibatkan tekanan dalam tabung relative sama dengan tekanan di luar tabung. Grafik 4 menunjukkan perpindahan panas pada sisi bawah tabung dimana terjadi peningkatan yang terlihat sebesar 20,99 % dari perlakuan penutupan setengah jumlah lubang udara. Peningkatan sebesar 43,43 % dari perlakuan lubang udara dibiarkan terbuka dibandingkan dengan lubang udara yang semuanya tertutup. Perbedaan perpindahan panas antara sisi atas dengan sisi bawah diakibatkan karena panas telah terbuang secara maksimal pada sisi atas. Hal ini berpengaruh terhadap suhu uap dalam pipa yang mengalir menuju sisi bawah.

SIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Penutupan saluran udara berpengaruh terhadap tekanan dalam tabung.
2. Penurunan tekanan dalam tabung dapat meningkatkan perpindahan panas yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Syakdani, 2019, Prototipe Alat Evaporator Vakum (Efektivitas Temperatur Dan Waktu Evaporasi Terhadap Tekanan Vakum Dan Laju Evaporasi Pada Pembuatan Sirup Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia L.*)), *Jurnal Kinetika* Vol. 10, No. 02 (Juli 2019): 29-35, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Anom Adiaksa, 2020, Experimental Analysis Of Fluids Discharge In Cooling Tower Condenser Distillation Model, *Juournal Of Physic* Volume 1450, IOP Publishing
- Bregman, T.L., Dewitt, D.P., Incropera, F.P., dan, Lavine, A.S., 2011, *Fundamental of Heat and Mass Transfer*. Edisi 7
- Dutta B.K., 2006, *Heat Transfer-Principles and Applications* (PHI Pvt. Ltd.) 1st ed. New Delhi
- Hirt Dr.Ing.M., 1986, *Machine Element Second Edition*, Erlangga, Jakarta).
- Holman, J.P., 1988, *Heat Transfer*, Erlangga, Jakarta.
- Martina W Tyas, 2019, Analisis Nomografi Suhu, Laju Penguapan Dan Tekanan Udara Pada Alat Desalinasi Tenaga Surya Dengan Pengaturan Vakum, *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, Universitas Brawijaya, Malang.

- Maulana Fatkhurrahman, 2014, Analisis Kinerja Kondensor Terhadap Perubahan Tekanan Vakum Di Pt Pln (Persero) Sektor Pembangkitan Pltgu Cilegon, *EKSERGI Jurnal Teknik Energi* Vol 10 No. 1 Januari 2014; 29 - 34
- M.V.H.Satish Kumar, 2016, Performance Analysis of Cooling Tower, *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, Volume 38 Number 9
- Siallagan H.P., 2017, Analysis of the work of the 8330 C T01 cooling tower at PT Krakatau Steel (Persero) TBK, *Journal of Machine Technique* Volume 6.
- Sulaeman 2014 *Effectiveness Analysis of Heat Exchanger* (Journal of Machine Technique-Padang Technology Institute) Volume 4 Number 1.
- Suprpto, Susilo Widodo, 2017, Pengenalan Teknologi Vakum, Pustaka Pelajar, Yogyakarta