

PENENTUAN JUMLAH PANAS DAN AIR PENDINGIN PADA KONDENSOR DI ALAT DESTILASI UNTUK PENGOLAHAN AQUABIDEST

Imaniah Sriwijayasih¹, Eky Novianarenti², Rikky Leonard³

¹Program Studi Teknik Perpipaan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

²Program Studi Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

³Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jalan Teknik Kimia Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

E-mail: imaniahsriwijayasih@ppns.ac.id

ABSTRAK

Kondensor merupakan salah satu perlengkapan dari penyulingan. Kondensor berfungsi untuk mengubah uap air menjadi fase cair. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kebutuhan air pendingin pada kondenser dan menghitung neraca panas pada kondenser dengan variasi volume air umpan. Metode yang digunakan dalam rancang bangun ini, yakni rancangan struktural dan rancangan fungsional. Pada proses di kondensor dengan variasi volume yakni 1 liter, 1,5 liter, 2 liter, 2,5 liter, 3 liter dengan air pendingin 2,5 liter dengan basis 1 jam. Dari hasil penelitian, didapatkan bahwa kinerja alat aquabidest dengan volume air pendingin yang digunakan yaitu 2,5 liter/menit dengan temperatur uap 88°C, temperatur air masuk 25°C dan temperatur air keluar 35°C, sehingga dapat diketahui dari perhitungan massa uap sebesar 0,3759 kg dari hasil kali volume uap dan density air, kemudian untuk penentuan jumlah panas yang efisien yakni 27,03402 Kcal pada volume 1 liter. Sehingga alat aquabidest menunjukkan adanya penghematan baik dari air umpan ataupun panas yang diserap.

Kata Kunci: kondensor, aquabidest, destilasi

ABSTRACT

The condenser is one of the equipment in the distillery. The function of the condenser is to convert water vapor into a liquid phase. The aim of this research is to determine the need for cooling water in the condenser and calculate the heat balance in the condenser with variations in the volume of feed water. The methods used in this design are structural design and functional design. In the condenser process with varying volumes, namely 1 liter, 1.5 liters, 2 liters, 2.5 liters, 3 liters with 2.5 liters of cooling water on a 1 hour basis. used is 2.5 liters/minute with a steam temperature of 88°C, an inlet water temperature of 25°C and an outlet water temperature of 35°C, so that it can be seen from the calculation of the steam mass of 0.3759 kg from the product of the steam volume and water density, then to determine the amount of heat which is efficient, namely 27.03402 Kcal at a volume of 1 liter. So the Aquabidest tool shows savings in both feed water and absorbed heat.

Keyword : condenser, aquabidest, distillation

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah tropis basah yang kaya akan sumber-sumber air. Air sungai, air danau, air sumur, air rawa-rawa, air mata air bahkan air laut kesemuanya itu merupakan sumber air bagi kehidupan kita. Akan tetapi penggunaannya tidak langsung karena terlebih dahulu harus diolah sehingga memenuhi persyaratan tertentu pula, misalnya untuk penggunaan keperluan rumah tangga dan keperluan industri. Air bersih ini mengandung zat besi, mangan, flour dan lain sebagainya dan juga sudah memenuhi syarat fisika dan kimia. Air merupakan bahan ekonomis dan bahan yang mudah didapatkan dari semua bahan yang digunakan di laboratorium tetapi air merupakan bahan terpenting dan yang paling sering

digunakan, oleh karena itu kualitas air yang digunakan harus memenuhi standar yang telah ditetapkan seperti halnya bahan lain yang digunakan dalam analisa (Permenkes No. 43 Tahun 2013). Aquabidest adalah air hasil destilasi yang dilakukan dua kali penyulingan. Aquabidest ini hanya mengandung H₂O murni oleh sebab itu air ini sering digunakan untuk keperluan rumah sakit. Aquabidest adalah air suling yang telah diproses lebih lanjut melalui proses deionisasi, sehingga kandungan mineralnya relatif lebih rendah. Secara sederhana destilasi dilakukan dengan memanaskan zat cair kemudian uap yang dihasilkan didinginkan menjadi cairan dengan bantuan kondensor. Kondensor merupakan komponen pendingin yang sangat penting yang berfungsi untuk memaksimalkan efisiensi pada mesin pendingin. Pada kondensor ini,

terjadi pelepasan kalor secara kondensasi dan kalor sensibel. Pada umumnya menggunakan kondensor tipe permukaan (*surface condenser*), tipe kondensor ini merupakan jenis *shell-tube* yang mana air pendingin disirkulasikan melalui tube. Kondensor biasanya menggunakan sirkulasi air pendingin dari menara pendingin (*cooling tower*) untuk melepaskan kalor ke atmosfer, atau *once-through water* dari sungai, danau atau laut[1]. Pemilihan desain kondensor memiliki dampak besar terhadap proses kondensasi, karena geometri kondensor berperan penting dalam transfer panas yang terjadi di dalamnya. Nilai konduktivitas bahan pada kondensor juga memberikan pengaruh signifikan terhadap efektivitas transfer panas. Semakin baik proses transfer panas yang terjadi didalam kondensor, semakin tinggi nilai konduktivitas bahan sehingga efisiensi kondensor meningkat. Kerapatan isolasi yang baik pada kondensor dapat membantu mencegah kebocoran panas yang tidak diinginkan dan memastikan bahwa panas yang dihasilkan oleh kondensasi tetap dalam sistem kondensor. Suhu lingkungan operasional juga mempengaruhi kinerja kondensor. *Fouling* (pengotoran) pada *heat exchanger* tidak dapat dihindari, sehingga akan mempengaruhi produktivitas dan efisiensi dari *heat exchanger*. *Fouling* dapat terjadi dari endapan fluida yang mengalir, juga disebabkan oleh korosi pada komponen dari alat penukar kalor akibat pengaruh dari jenis fluida yang dialirinya. Selama alat penukar kalor ini dioperasikan maka pengaruh pengotoran pasti akan terjadi. Terjadinya pengotoran tersebut dapat mengganggu atau mempengaruhi temperatur fluida mengalir dan dapat menurunkan atau mempengaruhi koefisien perpindahan panas menyeluruh dari fluida tersebut [2]. Tingkat efisiensi dari alat destilasi harus diketahui agar mengoptimalkan kinerja alat tersebut sehingga dapat berjalan dengan output keluaran yang maksimal tanpa harus membuang energi yang berlebih sehingga dapat dilakukan penghematan energi tanpa adanya pemborosan energi. Efisiensi kerja alat destilasi dapat diketahui, bahwa efisiensi destilasi dipengaruhi oleh perbedaan suhu dan besarnya koefisien perpindahan panas menyeluruh yang sering disebut dengan U_{total} [3]. Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi menyebabkan kebutuhan energi semakin meningkat, hal ini tidak sebanding dengan jumlah energi yang tersedia. Dari kondisi tersebut, maka diperlukan adanya upaya penghematan energi dalam hal ini yaitu air yang digunakan sebagai pendingin dalam kondenser agar pemanfaatan air panas dan pendingin itu terjadi atau efisien dan jumlah energi yang ada pada proses ini harus diperhitungkan agar upaya ini bisa terlaksana. Berdasarkan latar belakang diatas peneliti menjadikan penelitian yang berjudul Penentuan jumlah panas dan air pendingin pada kondensor di alat destilasi untuk pengolahan aquabidest. Rancang bangun alat ini penting untuk

dilakukan karena aquabidest sangat dibutuhkan dalam Rumah Sakit untuk pengenceran/melarutkan larutan kimia, obat yang disuntik dan juga penggunaan dalam meracik adalah tergantung dari sifat penyerapan obat yang diharapkan, dibutuhkan dalam proses di industri, dan juga dalam upaya penghematan energi perlunya mengetahui panas yang hilang pada kondenser, efisiensi thermal pada kondenser, dan koefisien perpindahan panas. Dalam pembuatan aquabidest dilakukan dengan cara destilasi dengan cara memanaskan dan menguapkan di dalam evaporator dan juga sangat berkaitan erat dengan jumlah panas dari uap yang didapat dari proses pemanasan di evaporator untuk dikondensasikan menjadi cair (kondenser). Sehingga pada penelitian kali ini, permasalahan yang akan dibahas yakni, seberapa besar jumlah panas dan air pendingin untuk menguapkan air dengan variasi volume air umpan yang digunakan.

2. PEMBAHASAN

2.1 Pengertian Aquabidest

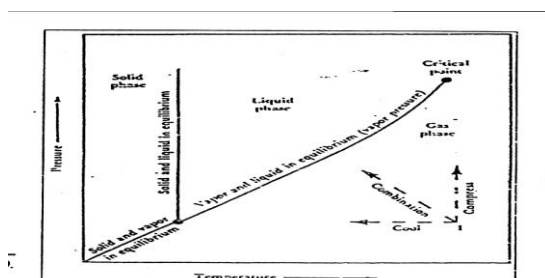
Aquabidest sebenarnya sama dengan aquadest sama-sama digunakan di laboratorium kimia tetapi kandungan mineral dari aquabidest tidak ada. Dalam penyulingan aquabidest pun dilakukan destilasi secara bertingkat sehingga produk tersebut benar-benar murni dan banyak digunakan di rumah sakit sebagai cairan infus.

2.2. Kondensor (Pendingin)

Kondensor merupakan bagian yang terpenting dalam destilasi yang berfungsi memaksimalkan efisiensi pada mesin pendinginan berfungsi untuk mengubah fase uap menjadi fase cair. Kondensor umumnya menggunakan kondensor tipe permukaan (*surface condenser*), tipe kondensor ini merupakan jenis *shell-tube* yang mana air pendingin disirkulasikan melalui tube. Kondensor biasanya menggunakan sirkulasi air pendingin dari menara pendingin (*cooling tower*) untuk melepaskan kalor ke atmosfer, atau *once-through water* dari sungai, danau atau laut[4]. Jika gas polutan yang panas berkontak dengan media pendingin (air atau udara), maka terjadi transfer panas dari gas panas ke medium pendingin, temperatur uap gas akan turun, maka energi kinetik molekul gas akan berkurang sehingga molekul-molekul gas akan bergerak saling berdekatan (Gaya van der Waals) yang akan menyebabkan gas terkondensasi menjadi liquid. Kondisi aktual dimana molekul gas akan terkondensasi tergantung kepada sifat fisik dan kimia dari molekul gas tersebut mencapai (sama dengan) tekanan uapnya. Ada tiga cara untuk menurunkan tekanan uap parsial gas yaitu : (1) dengan cara meningkat tekanan gas sehingga tekanan parsial gas tersebut mencapai tekanan uap gas, (2) gas didinginkan sampai tekanan parsial gas tersebut mencapai tekanan uapnya, (3) gabungan kedua cara di atas, yaitu dengan cara meningkatkan

tekanan gas dan mendinginkannya. Ketiga proses tersebut di atas diperlihatkan pada Gambar 1.

Gambar 1. Tekanan Uap Parsial Gas



Pada Gambar 1. Titik I diatas menjelaskan tentang temperatur dan tekanan suatu gas, garis putus-putus menjelaskan tentang usaha yang dilakukan untuk mencapai kurva tekanan uap, yakni dengan menurunkan temperatur, menaikkan tekanan atau kombinasi keduanya. Titik-titik sepanjang garis tekanan uap disebut juga sebagai titik embun (dew point), yang didefinisikan dengan suatu kondisi dimana gas siap untuk berkondensasi membentuk cairan. Pada Gambar 1. juga menjelaskan tentang suatu titik kritis (critical point). Setiap senyawa mempunyai temperatur dan tekanan kritis tertentu. Temperatur kritis adalah temperatur maksimum, dimana di atas temperatur kritis, gas tidak akan terkondensasi. Suatu kondisi gas (temperatur, tekanan) yang berada pada kurva kesetimbangan tekanan uap, maka kondensasi mulai terjadi. Dari titik tersebut, campuran gas-liquid mengikuti kurva garis tekanan uap tersebut. Jika campuran tersebut terus didinginkan, tekanan partial gas akan selalu ada pada kurva kesetimbangan tekanan uapnya, sehingga tidak semua polutan dapat dikondensasikan, akan selalu ada polutan dalam bentuk uap.

2.3. Persamaan

2.3.1. Panas Sensibel H₂O (Uap) Masuk

Kondenser

$$Q_1 = m \cdot CP \cdot \Delta t \quad (1)$$

$$Cp \text{ air} = a \times \frac{b}{2}(T_2 + T_1) + \frac{c}{3}(T_2^2 + (T_2 \times T_1) + T_1^2) \quad (2)$$

2.3.2. Panas Laten H₂O (Cair) Keluar Kondenser

$$Q_2 = m \cdot H \quad (3)$$

2.3.3. Panas Sensibel Air Pendingin Masuk

$$Q_3 = m \cdot CP \cdot \Delta t \quad (4)$$

2.3.4. Panas Sensibel Air Pendingin Keluar

$$Q_4 = m \cdot CP \cdot \Delta t \quad (5)$$

2.3.5. Panas Ke Sistem

$$Q_5 = (Q_2 + Q_4) - (Q_1 + Q_3) \quad (6)$$

2.4. Tabel Neraca Panas dan Air Pendingin

1. Data pada 1 jam operasi pada Kondenser

Volume air Pendingin (liter/Menit)	Temperatur Uap (°C)	Temperatur air pendingin masuk (°C)	Temperatur air pendingin keluar (°C)
2,5	88	28	35

2. Untuk volume air 3 liter/menit

3. Untuk volume air 2,5 liter/menit

KOMPONEN	INPUT (kcal)	OUTPUT (kcal)
Panas Sensibel H ₂ O (Uap)	0,680706	-
Panas Laten H ₂ O (Cair)	-	14,313051
Panas air pendingin Masuk	1,623958	-
Panas Air Pendingin Keluar	-	1,622793
Panas Ke Sistem	13,63118	-
Total	15,93584	15,93584
KOMPONEN	INPUT (kcal)	OUTPUT (kcal)
Panas Sensibel H ₂ O (Uap)	0,684758	-
Panas Laten H ₂ O (Cair)	-	14,398212
Panas Air Pendingin Masuk	1,633621	-
Panas Air Pendingin Keluar	-	1,632449
Panas Ke Sistem	13,71228128	-
Total	16,03066	16,03066

4. Untuk volume air 2 liter/menit

KOMPONEN	INPUT (kcal)	OUTPUT (kcal)
Panas Sensibel H ₂ O (Uap)	0,86709	-
Panas Laten H ₂ O (Cair)	-	18,232111
Panas Air Pendingin Masuk	2,068615	-
Panas Air Pendingin Keluar	-	2,06713
Panas Ke Sistem	17,36354	-
Total	20,29924	20,29924

5. Untuk volume air 1,5 liter/menit

KOMPONEN	INPUT (kcal)	OUTPUT (kcal)
Panas Sensibel H ₂ O (Uap)	1,13451	-
Panas Laten H ₂ O (Cair)	-	23,855086
Panas Air	2,7065974	-
Pendingin Masuk Panas Air	-	2,7046553
Pendingin Keluar Panas Ke Sistem	22,71863	-
Total	26,55974	26,55974

6. Untuk volume air 1 liter/menit

KOMPONEN	INPUT (kcal)	OUTPUT (kcal)
Panas Sensibel H ₂ O (Uap)	1,154769	-
Panas Laten H ₂ O (Cair)	-	24,281065
Panas Air	2,754929	-
Pendingin Masuk Panas Air	-	2,752952
Pendingin Keluar Panas Ke Sistem	23,12432	-
Total	27,03402	27,03402

2.5. Prototype Kondensor

2.5.1. Bahan dan Alat

1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian kali ini yakni air bersih (Air PDAM)

2. Alat

Uraian dari fungsi-fungsi dalam perancangan alat destilasi uap untuk menghasilkan aquabidest sebagai berikut :

1. Tangki umpan

Berfungsi sebagai tempat umpan masuk bahan baku kedalam tabung/tangki (pemisahan).

2. Pompa Berfungsi untuk mensirkulasikan air dari tangki umpan ke tangki stainless steel.

3. Tangki stainless steel evaporator

Berfungsi sebagai tempat pemanasan atau proses pemisahan air dan uap sehingga uap terbebas dari kandungan mineral.

4. Heater (Pemanas) berfungsi sebagai pemanas

5. Termosetting/panel control

Berfungsi untuk mengatur temperatur didalam tangki dengan set temperatur 100°C.

6. Pipa dan alat sambung

Berfungsi sebagai alat untuk mengalirkan air atau uap, pipa tembaga digunakan sebagai bahan dasar pembuatan kondenser, plat stainless sebagai penutup tabung/tangki, katup/valve berfungsi untuk mengatur laju alir fluida panas

ataupun dingin, dan T-Join dan elbow stainless steel berfungsi untuk memudahkan fluida untuk berbelok.

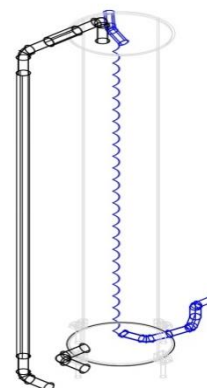
7. Cooler

Berfungsi untuk mendinginkan fluida.

8. Kondenser

Berfungsi untuk mengubah uap menjadi cair (mengkondensasi). Terbuat dari material stainless steel juga dengan ketebalan 3 mm. Kondensor ini juga berbentuk tabung dengan spiral koil dengan diameter 6 cm dan tinggi tabung 30 cm. Kondensor berfini juga dilengkapi dengan pipa tembaga berbentuk spiral. Dengan diameter pipa spiral 1/4 inch, jarak lilitan yaitu 1 mm dan panjang lilitan yaitu 30 cm. Jumlah lilitan yaitu 25 lilitan, dan diameter lilitan 3/8 inch.

Gambar 2. Kondensor



9. Penampung plastik

Berfungsi sebagai wadah produk yang dihasilkan berupa aquadest dan aquabidest ataupun sebagai wadah untuk penampung air umpan dan air buangan.

3. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisa data-data hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap desain alat destilasi pembuatan aquabidest dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perpindahan panas yang terjadi pada kondensor ialah perpindahan panas secara konduksi, dan konveksi yang terdapat pada *shell* dan *tube*

2. Nilai efisiensi suatu alat bergantung pada suhu dan waktu yang digunakan.

3. Performansi desain alat destilasi menggunakan pemanas listrik sangat bergantung pada arus listrik

4. Untuk mendapatkan jumlah panas yang efisien dari proses kondensasi sebaiknya air pendingin harus sesuai dengan kebutuhan uap yang akan

dicairkan dan temperatur air pendingin harus selalu dijaga.

H. Abe, and M. Manabe, "A comparison of the rate of bacterial contamination for prefilled disposable and reusable oxygenhumidifiers," *J Crit Care*, vol. 20, no. 2, pp. 172–5, 2005.

4. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. I. Adani and Y. A. Pujiastuti, "Pengaruh Suhu dan Waktu Operasi Pada Proses Destilasi Untuk Pengolahan Aquades di Fakultas Teknik Universitas Mulawarman," *J. Chemurg.*, vol. 01, no. 1, pp. 31–35, 2017.
- [2] S. N. Anjani, B. Azhari, and N. Sylvia, "Pengaruh Kondisi Operasi Terhadap Pembentukan Fouling Factor (Rd) Pada Kondensor 61-127-C Di Unit Ammonia Refrigerant PT. Pupuk Iskandar Muda," *Chem. Eng. J. Storage*, vol. 3, no. 3, pp. 291–291, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29103/cejs.v3i3.8947>
- [3] S. F. K. Karo, Darianto, and M. Idris, "Analisis Efektivitas Perpindahan Panas Kondensor pada Proses Destilasi Daun Serai Wangi," *J. Ilm. Tek. Inform. Dan Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 31–40, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.31289/jitmi.v2i1.1951>
- [4] O. M. Marjuni and S. Wahyono, "Modifikasi Sirkulasi Air Pendingin Alat Destilasi pada Proses Pembuatan Aquades," *J. Fis. Flux J. Ilm. Fis. FMIPA Univ. Lambung Mangkurat*, vol. 18, no. 1, pp. 16–16, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.20527/flux.v18i1.8888>
- [5] J. Otter, S. Yezli, and G. French, "The role played by contaminated surfaces in the transmission of nosocomial pathogens," *Infect Control Hosp Epidemiol*, vol. 32, no. 7, pp. 87–99, 2011.
- [6] N. Rahmadani, Prayitno, and Y. Aji, "Penentuan Jumlah Panas Dan Air Pendingin Pada Condensor Di Pltu Tanjung Awar – Awar," *DISTILAT J. Teknol. SEPARASI*, vol. 6, no. 2, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.33795/distilat.v6i2.97>
- [7] A. Sophia and Suraini, "Efektivitas Aquabidest Dan Limbah Air AC Sebagai Pelarut Media SDA Untuk Pertumbuhan *Candida albicans*," *BIOMA J. Biol. MAKASSAR*, vol. 8, no. 1, pp. 16–22, 2023.
- [8] M. W. Weber, A. Palmer, S. Jaffar, and E. K. Mulholland, "Diagnostic and Therapeutic Method Humidification of oxygen with unheated humidifiers in tropical climates," *J. Pediatr. Pulmonol.*, vol. 22, no. 2, pp. 125–128, 2012.
- [9] Wenten, "Teknologi Membran untuk pengolahan air," 2013. <http://www.igwenten.com/2013/02/teknologi-membran-untuk-pengelolaan-air.htm>
- [10] K. Yamashita, T. Nishivama, T. Yokoyama,