

PENENTUAN NUMBER TRANSFER UNIT SISTEM FLUIDA DIETILEN GLIKOL – METANOL, DALAM EVALUASI EFISIENSI PENUKAR PANAS SHELL AND TUBE 1-1

Abdul Chalim, Ariani, Much.Agung Indra Iswara
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang
chalim.polinema@gmail.com

(Artikel diterima: Oktober 2019, direvisi: September 2019, diterima untuk terbit: Januari 2020)

Abstrak – Meningkatnya pencemaran lingkungan merupakan akibat penggunaan bahan kimia yang tidak ramah lingkungan. Penggunaan bahan kimia dietilen glikol dan metanol sebagai pendingin (coolant) pada mesin merupakan salah satu aplikasi yaitu blending larutan dietilen glikol dan metanol. Penelitian ini bertujuan mendapatkan data pengaruh suhu, laju alir blending larutan dietilen glikol – metanol dalam heat exchanger type shell and tube 1-1 guna didapatkan nilai terbaik dari NTU dan efektivitas alat. Didalam penelitian ini, digunakan variabel laju alir fluida dingin masuk dengan kisaran 140 – 248 L/jam. Laju alir fluida panas masuk dengan rentang 50 – 75 L/jam. Sedangkan suhu fluida panas masuk berkisar antara 34 – 45°C. Rasio mol blending dietilen glikol – metanol 1 : 1, 1 : 3, dan 3 : 1. Dari hasil penelitian didapatkan pada rasio mol 1 : 1 blending fluida dietilen glikol - metanol dengan suhu fluida dingin 34°C didapat harga terbaik NTU = 3,39 dan efektivitas = 0,94.

Kata kunci: alat penukar panas, dietilen glikol, NTU, efektivitas.

I. PENDAHULUAN

berpengaruh penting dalam kehidupan manusia. Dimana hampir seluruh aktifitas manusia berhubungan dengan energi, sehingga kebutuhan akan energi semakin lama semakin meningkat. Salah satu cara meningkatkan efisiensi dengan mengambil energi dari sumber yang berbeda untuk digunakan. Energi yang dapat digunakan tersebut adalah energi panas (Kuppan, 2010). Untuk mengambil sumber panas tersebut yaitu heat exchanger. Chalim, dkk (2016) melakukan penelitian efektivitas dan efisiensi heat exchanger jenis shell and tube 1-1. Jenis fluida panas dan dingin yang digunakan yaitu air. Berdasar hasil penelitian didapat efektivitas alat sebesar 0,81 serta harga efisiensi alat 76,61%.

A. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian adalah mendapatkan nilai efektivitas heat exchanger terhadap fluida blending ethylene glycol – methanol. Dengan mengetahui nilai koefisien perpindahan panas total (U) dapat ditentukan nilai Number Transfer Unit (NTU) untuk menentukan nilai efektivitasnya.

B. Rumusan Masalah

Seberapa besar konsentrasi blending ethylene glycol – methanol sebagai fluida pendingin terhadap nilai efektivitas alat heat exchanger shell and tube? Dan berapa besar nilai NTU sehingga didapatkan nilai efektivitas alat heat exchanger shell and tube terbaik? Serta pengaruh suhu fluida terhadap nilai efektivitas alat heat exchanger shell and tube?

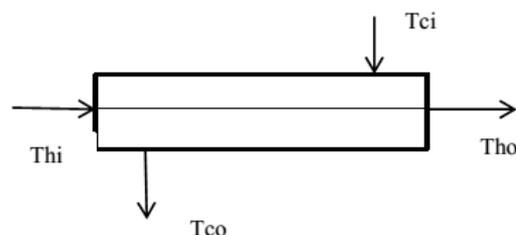
C. Tujuan Penelitian

Mendapatkan data konsentrasi blending ethylene glycol – methanol sebagai fluida pendingin terhadap nilai NTU dan efektivitas alat heat exchanger shell and tube dan mendapatkan nilai NTU sehingga didapatkan nilai efektivitas alat heat exchanger shell and tube terbaik serta mendapatkan data pengaruh suhu fluida terhadap nilai efektivitas alat heat exchanger shell and tube terbaik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Heat Exchanger

Heat exchanger merupakan peralatan yang digunakan untuk perpindahan panas antara dua atau lebih fluida. Heat exchanger sering digunakan dalam pusat pembangkit tenaga, unit pendingin, unit produksi udara, proses industri, sistem turbin gas, dan lainnya. Dalam heat exchanger tidak terjadi pencampuran seperti dalam mixing chamber. Dalam radiator mobil misalnya, panas berpindah dari air panas, mengalir dalam pipa radiator ke udara dengan bantuan fan. Penukar panas (heat exchanger) secara tipikal diklasifikasikan berdasar susunan aliran (flow arrangement) dan konstruksi. Salah satunya adalah aliran berlawanan. Pada susunan aliran berlawanan (counter flow arrangement) ditunjukkan gambar 1 kedua fluida tersebut pada ujung berlawanan, mengalir dalam arah berlawanan, dan keluar pada ujung berlawanan (Incropera, 2007).



Gambar 1 Heat exchanger aliran berlawanan

Penukar panas mempunyai beberapa jenis yang mempunyai manfaat dan kekurangan masing – masing. Salah satunya adalah penukar panas jenis shell and tube. Jenis ini paling banyak digunakan dalam industri perminyakan. Penukar panas jenis shell and tube merupakan penukar panas yang menurut konstruksi dicirikan adanya sekumpulan tube dan sisi shell. Agar aliran dalam shell turbulen dan untuk

memperbesar koefisien perpindahan panas konveksi, maka bagian shell dipasang penghalang/Baffle.(Bizzy dkk, 2013).

B. Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan bagian ilmu termodinamika yang berkaitan dengan jumlah transisi dan proses perpindahan energi dari materi karena adanya perbedaan suhu. Laju proses perpindahan panas yang baik dapat dibuat sendiri dengan sumber dan penerima, namun secara inheren sangat sulit.

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk menentukan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi tertentu dan dapat didefinisikan sebagai proses berpindahnya energi dari daerah ke daerah lain akibat perbedaan suhu pada daerah tersebut (Abdul Chalim dkk, 2016). Perhitungan besar panas yang dilepas dan diterima adalah sama, disebut neraca panas (heat balance) (Kern, 1982).

$$Q = q = W_h \times C_{p,h} \times (T_{hi} - T_{ho}) = W_c \times C_{p,c} \times (T_{ci} - T_{co})$$

C. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh

Koefisien perpindahan panas secara menyeluruh dipelajari dengan menentukan perpindahan panas yang terjadi pada suatu dinding logam antara fluida panas pada satu sisi dan fluida dingin pada sisi lain dengan pengaliran konveksi paksa. Pertukaran panas yang terjadi merupakan pertukaran secara tidak langsung. Berdasarkan aliran dapat dibedakan menjadi (Abdul Chalim dkk, 2016) :

- Pertukaran panas dengan aliran searah (co-current flow). Pertukaran ini, kedua fluida (panas dan dingin) masuk pada sisi yang sama, mengalir dengan arah sama dan keluar pada sisi sama pula.
- Pertukaran panas dengan aliran berlawanan arah (counter flow). Pertukaran panas sistem ini, kedua fluida (panas dan dingin) masuk penukar panas dengan arah berlawanan dan keluar pada sisi yang berlawanan (Abdul Chalim dkk, 2016).

Dengan asumsi nilai kapasitas panas spesifik (C_p) fluida dingin dan panas konstan, tidak ada kehilangan panas pada lingkungan serta keadaan steady state, maka besarnya kalor yang dipindahkan dapat ditentukan dengan persamaan berikut (Kern, 1982):

$$Q = UAT_{LMTD}$$

D. Log Mean Temperature Difference, ΔT_{LMTD}

Adalah beda suhu rata rata logaritme dari suhu fluida panas dan dingin di setiap akhir heat exchanger. Semakin banyak panas yang ditransfer.

Ketika diketahui suhu antara fluida panas dan fluida dingin yang keluar masuk heat exchanger dengan aliran dua fluida bergerak dengan arah yang berlawanan (counter current), maka perlu menentukan nilai rata-rata untuk menentukan jumlah kalor yang dipindahkan dari fluida pada alat penukar panas, sehingga persamaan untuk aliran berlawanan sebagai berikut (Kern, 1982):

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{hi} - T_{co}) - (T_{ho} - T_{ci})}{\ln\left(\frac{T_{hi} - T_{co}}{T_{ho} - T_{ci}}\right)}$$

E. NTU-Effectiveness Method

Number Transfer Unit, NTU merupakan metode yang digunakan untuk menghitung laju perpindahan panas pada alat penukar panas. Number Transfer Unit, NTU merupakan parameter yang tidak berdimensi yang secara luas digunakan dalam analisa penukar panas. Bilangan ini didefinisikan sebagai berikut (Kern, 1982) :

$$NTU = \frac{UA}{C_{min}}$$

Efektivitas perpindahan panas (ϵ) didefinisikan perbandingan antara laju perpindahan panas sebenarnya dengan laju perpindahan maksimum yang mungkin. Dimana persamaannya dapat ditunjukkan seperti berikut ini (Holman, 1997):

$$\epsilon = \frac{Q}{Q_{maks}}$$

F. Design heat exchanger.

Sangat mempengaruhi efisiensi perpindahan panas. Pada saat merancang heat exchanger sudah ditentukan hal penting seperti nilai ΔP (Pressure drop) dan fouling factor heat exchanger.

G. Laju alir massa fluida.

Jenis aliran ada 2 yaitu ; Laminar dan Turbulen. Jika heat exchanger memiliki laju alir massa yang tinggi tanpa adanya control maka akan terjadi aliran turbulen dan mengakibatkan perpindahan panas fluida ke pipa tidak maksimal.

H. Nilai konduktivitas heat exchanger.

Heat exchanger dirancang menggunakan bahan yang memiliki nilai konduktivitas panas yang baik, supaya pertukaran panas akan maksimal.

I. Suhu lingkungan.

Suhu lingkungan sekitar yang tinggi akan mempengaruhi suhu keluar (Tout). Jika selisih suhu masuk dan suhu keluar kecil, maka perpindahan panas pada heat exchanger kurang efisien.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Persiapan

Heat Exchanger jenis Shell and Tube 1-1diseiapkan dan dipastikan pipa sambungan tidak mengalami kebocoran. Semua valve pada kondisi tertutup. Air sebanyak 10 liter disiapkan sebagai fluida panas. Larutan Propylene glycol dengan konsentrasi 0,5 M disiapkan sebanyak 10 liter. Larutan Methanol dengan konsentrasi 0,5 M disiapkan sebanyak 10 liter. Kabel peralatan sudah tersambung pada sumber listrik. C_p campuran dari masing-masing blending fluida ditentukan dengan menggunakan persamaan , dimana Q didapatkan dari percobaan. C_{pm} blending fluida Propilen glikol - air (1:1) sebesar 3,212 kJ/kg °C.

B. Percobaan

Tangki diisi fluida panas berupa air sebanyak 10 liter. Larutan Propylene glycol 0,5 M dicampur dengan perbandingan 1:1 sebanyak 20 liter. Fluida dingin diturunkan

suhunya hingga mencapai 15 °C. Kondisi suhu Thi (suhu tangki pemanas) yang diinginkan dilakukan dengan memutar tombol heater pada panel pengendali. Setelah mencapai suhu yang diinginkan heater dimatikan. Valve 1 dan 3 dibuka untuk fluida dingin. Valve 2 dan 4 dibuka untuk fluida panas. Pompa fluida dingin dijalankan dengan cara mengarahkan tombol pompa pada kontrol panel pada posisi on. Bukaan pompa diatur sesuai variabel yang ditentukan. Pompa fluida panas dijalankan dengan cara mengarahkan tombol pompa pada kontrol panel dengan posisi on. Peralatan bekerja hingga aliran mengalir pada kondisi konstan. Suhu Tho dan Tco dicatat setelah proses bekerja selama 20 menit. Ulangi langkah diatas dengan mengubah fluida pendingin pada tangki menggunakan campuran blending diethylene glycol dan methanol.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Penambahan Coolant

Sistem pendinginan (cooling system) menjadi bagian yang berperan penting. Data menunjukan bahwa kerusakan yang terjadi pada engine akibat sistem pendingin yang kurang baik, karena berhubungan langsung dengan engine performance.

Pada perhitungan nilai, U berhubungan dengan laju perpindahan panas karena koefisien perpindahan panas menyatakan mudah tidaknya panas berpindah dari fluida panas ke dingin, sehingga jika alat memiliki kondisi laju perpindahan panas yang tinggi, maka nilai koefisien perpindahan panas keseluruhan, U akan mengikuti. Dari hasil percobaan didapatkan nilai U tertinggi pada larutan blending fluida propilen glikol – air 1:1 pada berbagai kondisi sebesar 215 W/m².K Selain berpengaruh pada perhitungan nilai, U penggunaan larutan blending fluida mempengaruhi nilai NTU dan efektivitas. Pada larutan blending fluida propilen glikol – air perbandingan 1:1 nilai NTU terbesar adalah 3,703 sedangkan nilai efektivitas terbesar adalah 0,950.

B. Pengaruh Variabel Flowrate

Sistem pendingin adalah rangkaian untuk mengatasi terjadinya panas berlebih (over heating) pada alat atau mengurangi kadar panas yang tidak diperlukan agar alat bisa bekerja maksimal (Abdul Chalim dkk, 2016). Sehingga banyak proses yang menggunakan sistem pendingin untuk menjaga proses berjalan dengan maksimal.

Salah satu faktor peningkatan laju perpindahan panas adalah flowrate fluida. Pada bagian shell dari heat exchanger nilai efektivitas alat akan semakin besar seiring dengan besarnya flowrate fluida yang mengalir, hal ini terjadi karena fluida mengalir di dalam shell mengalami pemecahan aliran oleh baffle sehingga meningkatkan bilangan Reynold, NRe serta meningkatkan keacakan fluida dan perpindahan momentum sehingga nilai efektivitas alat cenderung meningkat (Sunu, 2015). Pada bagian tube heat exchanger nilai efektivitas alat semakin kecil seiring dengan besarnya flowrate fluida mengalir Hal ini terjadi karena flowrate fluida yang besar akan menurunkan waktu kontak fluida di dalam tube sehingga mempersingkat proses perpindahan panas.

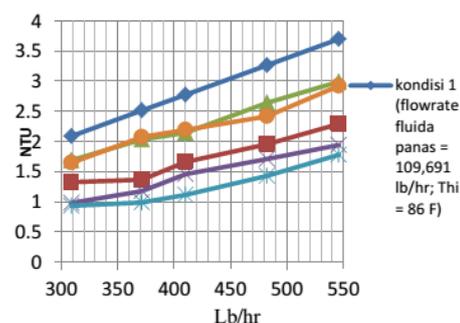
Efektivitas alat cenderung naik jika laju flowrate fluida dingin di dalam shell semakin besar, hal ini sesuai dengan teori di atas jika fluida mengalir di dalam shell semakin besar maka efektivitas alat meningkat. Hal ini didalam shell

terpasang baffle berfungsi untuk mengatur aliran lewat shell sehingga menghasilkan turbulensi aliran, dengan adanya turbulensi aliran akan meningkatkan perpindahan panas secara konveksi sehingga efektivitas panas akan semakin besar. Kondisi tersebut berbanding terbalik jika flowrate fluida di tube semakin besar maka efektivitas alat cenderung kecil, ini disebabkan waktu tinggal fluida di dalam tube akan semakin pendek seiring dengan semakin cepatnya flowrate fluida. Suhu fluida panas semakin besar akan menurunkan nilai NTU dan efektivitas karena besarnya suhu fluida panas akan meningkatkan nilai $\Delta TLMTD$ secara perhitungan akan menurunkan nilai koefisien perpindahan panas total sehingga nilai efektivitas alat akan menurun.

C. Pengaruh Variabel Suhu

Perpindahan panas dipengaruhi oleh perbedaan suhu antara dua atau lebih fluida atau benda. Panas berpindah dari fluida atau benda yang mempunyai suhu lebih tinggi ke fluida atau benda bersuhu lebih rendah. Panas yang bergerak akan mengalami proses pertukaran panas kemudian akan berhenti ketika kedua fluida sudah memiliki temperatur yang sama.

Suhu rata-rata logaritma, $\Delta TLMTD$ diperlukan karena suhu pada Thi, Tci, Tho dan Tco tidak sama sehingga perlu dicari nilai TLMTD untuk menyamakan suhu pada semua sisi heat exchanger. Selisih suhu rata-rata logaritma, TLMTD mempengaruhi besar kecilnya efektivitas alat. Dari data percobaan naiknya suhu fluida panas masuk membuat efektivitas alat cenderung menurun, hal ini disebabkan semakin besar nilai TLMTD nilai koefisien perpindahan panas total, U semakin kecil sehingga nilai Number Transfer Unit, NTU semakin kecil dan nilai efektivitas alat juga semakin kecil.



Gambar 2. Grafik hubungan laju alir fluida terhadap nilai NTU pada kondisi terbaik

Dari tiga kondisi variabel suhu fluida panas masuk, yaitu 306, 312 dan 318 K dalam kondisi berbeda, nilai NTU terbesar berturut-turut 3,703; 3,394 dan 2,924 sedangkan nilai efektivitas terbesar berturut-turut sebesar 0,950; 0,942 dan 0,910.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil percobaan didapatkan :

- Laju alir blending fluida propilen glikol – air mengakibatkan nilai NTU naik dengan bertambahnya laju alir.
- Efektivitas terbaik untuk blending fluida propilen glikol – air adalah sebesar 0,950 .
- Nilai NTU sebesar 3,703 untuk blending fluida propilen glikol - air.

B. Saran

- Untuk menjaga kestabilan heat exchanger harus dilakukan pembersihan secara berkala.
- Perlu dilakukan usaha mempertahankan suhu agar proses perpindahan panas dapat berjalan maksimal.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Chalim, dkk. 2017, Koefisien Perpindahan Panas Total sistem fluida Etilen glikol – air menggunakan heat exchanger shell and tube 1-1. Proseeding Seminar Nasional, SNGBR, Politeknik Negeri Malang.
- [2] Andersen, I. B. 2012, Methanol in Poisoning & Drug Overdose 6th Edition. Olson, K. R. (Ed.). Lange. McGrawHill. New York.
- [3] Bizzy, dkk. 2013. Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe Shell And Tube Dengan Program Heat Transfer Research Inc.(Htri). Jurusan Teknik Fakultas Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
- [4] Cengel, Yunus A., 2003. Heat Transfer : A Practical Approach Second Edition. McGraw-Hill. New York
- [5] Geankoplis, C. J. 2003. Transport Process and Separation Process Principles (fourth edition). New Delhi : Prentice-Hall.
- [6] Haryadi. 2012. Perpindahan Panas. Politeknik Negeri Bandung. Bandung
- [7] Hasanuzzaman, M., dkk. 2011. Efektivitas Enhancement of Heat by Using Nanofluids. Kuala Lumpur. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Malaya.
- [8] Husen, dkk. 2016. Efektivitas dan Efisiensi Alat Penukar Panas Jenis Shell and Tube 1-1 Kapasitas 20 Liter Untuk Sistem Air-Air. Malang. Prodi D3 Teknik kimia Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang.
- [9] Holman, J, P. 1997. Perpindahan Kalor, edisi ke-2. Jakarta: Erlangga
- [10] Incropera, F. P., and DeWitt, D. P., 1996, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, fourth edition, John Wiley & Sons, New York
- [11] Kakac, dkk. 2002. Heat Exchanger Selection, Rating and Thermal Design (second edition). Florida : CRC Press.
- [12] Kern, Donald Q., 1982. Proses Heat Transfer. Mc. Graw Hill International Book Company, Singapore.
- [13] ME Global. 2005. ethylene Glycol. The ME Global Group of Companies.
- [14] Monument Chemical. 2010. propylene Glycol. Monument Chemical Technical Product Information.
- [15] Setiawan, I. 2011. Mempertahankan Kinerja Alat Penukar Kalor Dengan Memodifikasi Sistem Kerja Feeder Pump. Jurusan Teknik Fakultas Teknik Mesin Universitas Indonesia.
- [16] Sunu, Wijaya Putu. 2015. Efektivitas Perpindahan Panas Pada Double Pipe Heat Exchanger Dengan Groove. Politeknik Negeri Bali. Bali
- [17] Wibawa, Indara. 2012. Perpindahan panas. Teknik Kimia Universitas Lampung. Lampung