

PENGARUH DEBIT ALIRAN AIR SISI PRIMER UNTAI UJI BETA TERHADAP EFEKTIVITAS ALAT PENUKAR KALOR

Suhendra^{1,2}, Mulya Juarsa³, M. Hadi Kusuma³ Hendro Tjahjono³, Yogi Sirodz Gaos², G. Bambang Heru³

¹Mahasiswa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor
Jl. KH. Soleh Iskandar KM.2 Bogor 16162

²Engineering Development for
Energy Conversion and Conservation (EDfEC) Research Laboratory
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor
JL. KH. Soleh Iskandar KM.2 Bogor 16162

³Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir BATAN
Gedung 80 Kawasan PUSPIPTEK, Tangerang Selatan 15310 BANTEN

ABSTRAK

PENGARUH DEBIT ALIRAN AIR SISI PRIMER UNTAI UJI BETA TERHADAP EFEKTIVITAS ALAT PENUKAR KALOR. Telah dilakukan analisis perubahan alat penukar kalor pada fasilitas Untai Uji BETA. Fasilitas Untai Uji BETA merupakan fasilitas eksperimen untuk menginvestigasi fenomena termohidrolik baik dalam keadaan *transien* (kecelakaan) ataupun dalam keadaan tunak (operasi normal) sebagai simulasi sistem pendingin. Adapun komponen dari untai uji BETA terdiri dari pre-heater, pompa primer dan sekunder, alat penukar kalor, *reservoir tank* dan *cooling tower*. Untuk meningkatkan performa alat penukar kalor yang terdapat di UUB adalah dengan cara mengganti alat penukar kalor tersebut. Dengan pergantian alat penukar kalor maka perlu dilakukan karakterisasi untuk mengetahui performa alat tersebut. Eksperimen ini dilakukan dengan memvariasikan 3 macam debit aliran pada sisi primer, yaitu : 0,377 L/s, 0,472 L/s dan 0,567 L/s adapun untuk debit aliran pada sisi sekunder di beri nilai konstan, yaitu : 1,07 L/s dengan temperatur air 60°C. Eksperimen karakterisasi di fokuskan untuk memperoleh hasil efektivitas temperatur pada alat penukar kalor pada kondisi untai uji tertutup. Hasil penelitian dengan kondisi untai tertutup menunjukkan bahwa pada debit aliran 0,377 L/s di dapat nilai efektifitas sebesar 0,35. Kemudian Pada debit aliran 0,472 L/s di dapat nilai efektifitas sebesar 0,30, dan pada debit aliran 0,567 di dapat nilai efektifitas sebesar 0,25. Dan analisis pada eksperimen menunjukkan bahwa debit aliran air mempengaruhi terhadap efektivitas pertukaran kalor pada alat penukar kalor dimana semakin besar debit aliran maka semakin kecil nilai efektivitasnya.

Kata kunci : debit aliran, efektivitas, alat penukar kalor, primer

ABSTRACT

THE EFFECT OF WATER VOLUME RATE IN THE PRIMARY SIDE OF BETA TEST LOOP'S TO THE EFFECTIVENESS OF HEAT EXCHANGER. Analyzed the changes in heat exchanger at a strand beta test facility, Strand BETA Test Facility (UUB) is thermal hydraulics experiments facility to investigate phenomena in both the transient state (accident) or in the steady state (normal operation) as a simulation of the cooling system. The BETA test loop components consist of a pre-heater, primary and secondary pumps, heat exchanger, reservoir tank and cooling tower. To improve the performance of heat exchanger located in UUB is to replace the heat exchanger. By the turn of the heat exchanger should be conducted to determine the performance characterization tools. This experiment is done by varying the 3 kinds of flow on the primary side, i.e.: 0.377 L/s, 0.472 L/s and 0.567 L/s as for flow on the secondary side is given a constant value, namely: 1.07 L/s with a 60°C water temperature. Experimental characterization in focus to get results on the effectiveness of the heat exchanger temperature at the conditions of the test strand closed. The results of the study showed that the condition of strands enclosed in flow rate 0.377 L/s to value the effectiveness of 0.35. Then the flow rate 0.472 L/s to value the effectiveness of 0.30, and the flow rate to the value of 0.567 in the effectiveness of 0.25. Analysis results of the experiments showed that the water flow affects the effectiveness of heat exchange in heat exchanger where the greater the flow rate, the smaller the value of effectiveness.

Keywords: volume rate, effectiveness, heat exchanger, primary,

PENDAHULUAN

Alat penukar kalor merupakan suatu peralatan yang digunakan sebagai pertukaran energi, dari energi yang memiliki temperatur tinggi ke energi

yang memiliki temperatur lebih rendah baik secara langsung ataupun tidak langsung^[1]. Salah satu aplikasi dari perpindahan kalor ini adalah alat penukar kalor yang terdapat pada Untai Uji BETA. Alat

penukar kalor pada sistem pendingin digunakan untuk menjaga temperatur air dan pendingin sesuai disain.

Tanpa adanya penukar kalor maka akan menyebabkan naiknya temperatur pada sistem pendinginan yang berpotensi pada terjadinya suatu kecelakaan. kecelakaan terjadi karena kelebihan kalor dan gagalnya proses pendingin seperti yang telah terjadi pada Reaktor TMI-2 Amerika tahun 1979 dan Reaktor Fukushima Daiichi Jepang tahun 2011^[2], sehingga keselamatan reaktor menjadi sangat penting dan untuk mempelajari fenomena kecelakaan yang telah terjadi seperti di atas maka Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir (PTRKN) BATAN memiliki Untai Uji BETA (UUB). Untai uji BETA merupakan suatu fasilitas eksperimen yang digunakan sebagai pendukung untuk mensimulasikan sistem pendingin reaktor pada sebuah PLTN dan untuk menginvestigasi fenomena termohidrolika baik untuk kondisi transien (kecelakaan) ataupun kondisi tunak (operasi normal).

Adapun komponen pendukung yang terdapat pada UUB yaitu terdiri dari *pre-heater*, pompa primer dan sekunder, alat penukar kalor, *reservoir tank* dan *cooling tower*. Peningkatan performa dari eksperimen salah satunya dengan cara mengganti alat penukar kalor pada tahun 2011. Untuk mengetahui performa dari alat penukar kalor perlu di lakukan eksperimen. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan karakterisasi perubahan temperatur inlet dan outlet pada alat penukar kalor berdasarkan variasi debit aliran, selain itu dilakukan analisis untuk menentukan efektivitas alat penukar kalor yang berdasarkan perubahan debit aliran air di sisi primer Untai Uji BETA.

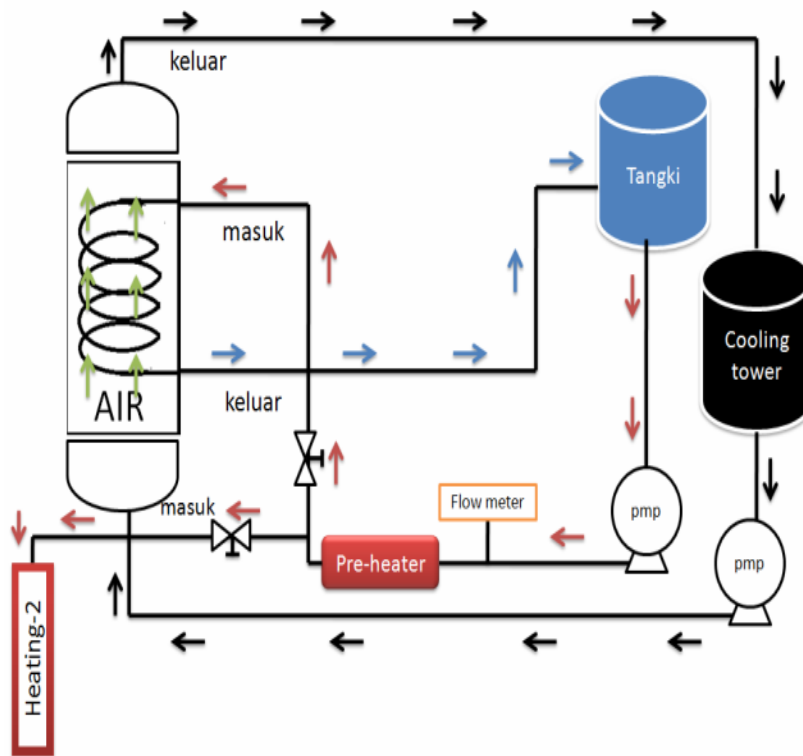
METODE EKSPERIMEN

Untuk mengetahui performa efektivitas alat penukar kalor kita melakukan metode eksperimen, adapun metodologi eksperimen ini kita lakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

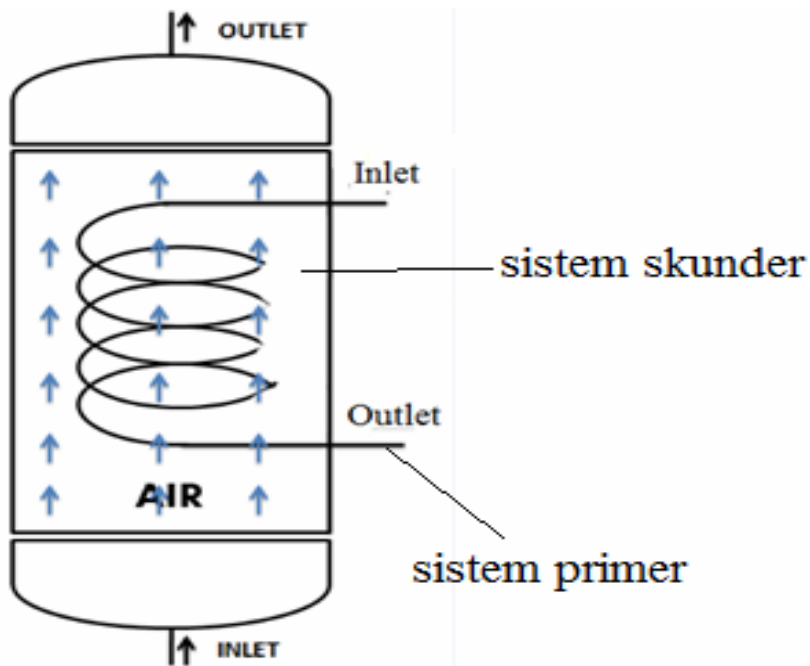
Melakukan eksperimen perpindahan kalor pada alat penukar kalor (pada UUB) dengan cara memvariasikan debit aliran air sisi primer Untai Uji BETA.

Melakukan analisa terhadap data hasil eksperimen Mengambil kesimpulan dari hasil analisa yang telah di lakukan. Sekematik penelitian yang di lakukan dapat dilihat pada gambar di bawah ini,

Gambar 1 menunjukkan diagram eksperimental untuk rangkai kerja dari untai uji BETA dimana pada untai uji BETA terdapat dua sirkulasi laju aliran, yaitu aliran disisi primer yang ditunjukkan pada tanda panah yang berwarna biru dan merah dan aliran disisi sekunder yang di tunjukan pada tanda panah yang berwarna hitam, pada eksperimen yang pertama kita lakukan adalah dengan menjalankan sirkulasi pendingin disisi primer, dimana air dipanaskan dengan preeheter hingga mencapai temperatur air konstan sebesar 80°C. Setelah temperatur air tercapai, dilanjutkan dengan sirkulasi kedua yaitu mensirkulasikan aliran pendingin pada sisi sekunder selama 10 menit dan dilakukan pada untai tertutup hingga didapatkan nilai karakter *inlet* dan *outlet* alat penukar kalor pada untai uji BETA. Gambar 2 menunjukkan alat penukar kalor yang digunakan dalam eksperimen ini, dimana sistem primer terdiri dari pipa berbentuk spiral, sedangkan sistem sekunder berupa tabung air bersirkulasi



Gambar 1. Diagram Eksperimental



Gambar 2. Alat penukar kalor

Performa dari alat penukar kalor ini diketahui dengan cara memvariasikan debit aliran di sisi primer, dengan matriks eksperimen seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Matriks Eksperimen

Temperatur air	Debit Aliran Air, Q [L/s]
60°C	0,377
	0,472
	0,567

Efektifitas perubahan temperatur pada suatu alat penukar kalor dapat diketahui dari fluida dengan perubahan temperature terbesar, dimana jika fluida dingin sebagai fluida maka dapat digunakan persamaan sebagai berikut^[3]:

$$\varepsilon = \frac{q_s}{q_{\max}}$$

$$\varepsilon = \frac{(T_{so} - T_{si})}{(T_{pi} - T_{si})}$$

Jika fluida panas sebagai fluida dengan temperature terbesar maka dapat gunakan persamaan sebagai berikut :

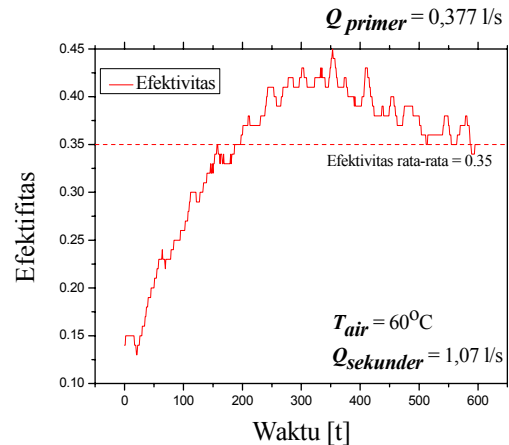
$$\varepsilon = \frac{(T_{pi} - T_{po})}{(T_{pi} - T_{si})}$$

$$\varepsilon = \frac{q_p}{q_{\max}}$$

Dengan :

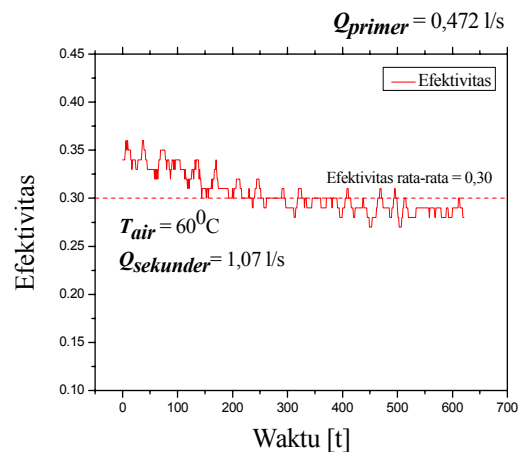
q	=	perpindahan kalor (joule/s)
T_{pi}	=	temperatur inlet primer (°C)
T_{po}	=	temperatur outlet primer (°C)
T_{si}	=	temperatur inlet sekunder (°C)
T_{so}	=	temperatur outlet sekunder (°C)
ε	=	efektifitas

q_s	=	perpindahan kalor di sisi sekunder (joule/s)
q_p	=	perpindahan kalor di sisi primer (joule/s)
q_{\max}	=	Selisih perpindahan kalor di sisi primer dan sekunder (joule/s)



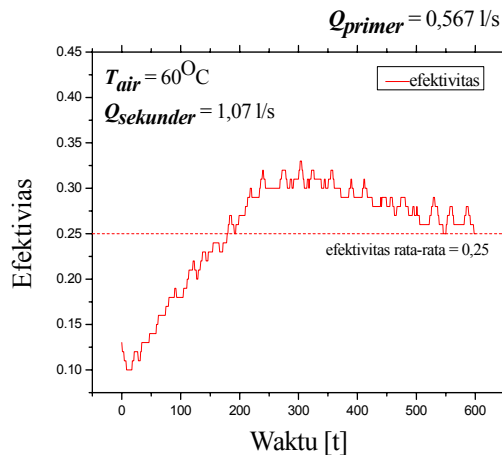
Gambar 3. Efektifitas alat penukar kalor untuk debit aliran primer 0,337 L/s

Dari gambar 3 terlihat bahwa pada alat penukar kalor dengan debit aliran primer 0,377 liter/s, debit aliran sekunder 1,07 liter/s, dan temperatur air masuk ke alat penukar kalor 60 0C, nilai efektifitas meningkat secara tajam pada $t = 0$ hingga $t = 350$ s. Namun kemudian ada sedikit perubahan penurunan nilai efektifitas pada waktu setelahnya. Nilai efektifitas rata-rata alat penukar kalor pada kondisi ini adalah 0,35.



Gambar 4. Efektifitas alat penukar kalor untuk debit aliran primer 0,472 L/s

Dari gambar 4 terlihat bahwa pada alat penukar kalor dengan debit aliran primer 0,472 liter/s, debit aliran sekunder 1,07 liter/s, dan temperatur air masuk ke alat penukar kalor 60 0C, terlihat penurunan nilai efektifitas dari awal hingga akhir proses. Nilai efektifitas rata-rata alat penukar kalor pada kondisi ini adalah 0,30.



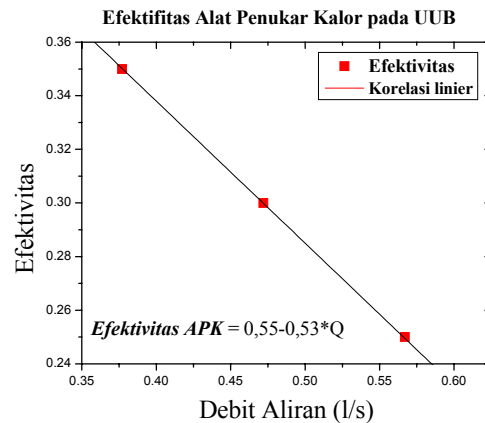
Gambar 5. Efektivitas alat penukar kalor untuk debit aliran primer 0,567 L/s

Dari gambar 5 terlihat bahwa pada alat penukar kalor dengan debit aliran primer 0,567 liter/s, debit aliran sekunder 1,07 liter/s, dan temperatur air masuk ke alat penukar kalor 60°C, nilai efektivitas meningkat secara tajam pada $t = 0$ hingga $t = 230$ s. Namun kemudian ada sedikit perubahan penurunan nilai efektivitas pada waktu setelahnya. Nilai efektivitas rata-rata alat penukar kalor pada kondisi ini adalah 0,25

Dari ketiga gambar di atas terlihat bahwa semakin kecil debit aliran yang mengalir di dalam penukar kalor akan semakin meningkatkan efektivitas alat penukar. Ini dikarenakan semakin kecil debit aliran air pendingin yang mengalir di dalam alat penukar kalor akan menyebabkan semakin besarnya kalor yang dipindahkan dan semakin kecilnya kalor yang diserap.

Tabel 2. Efektivitas Vs Debit sisi Primer

No	Debit Aliran L/s	Efektivitas
1	0,377	0,35
2	0,472	0,30
3	0,567	0,25



Gambar 6. Efektivitas rata-rata APK

Gambar 6. menunjukkan perubahan efektivitas terhadap debit aliran pendingin yang terjadi secara linier, dengan persamaan :

$$Efektivitas = 0,55 - 0,53 \cdot Q$$

Dimana 0,55 adalah konstanta linier dan -0,53 adalah gradiennya.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian di lapangan dengan melakukan eksperimen dan hasil analisa maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Debit aliran mempengaruhi terhadap pertukaran kalor pada alat penukar kalor yang terdapat pada UUB, dimana semakin besar debit aliran maka semakin kecil kalor yang dipindahkan dan semakin besar kalor yang di serap.
2. Begitupun debit aliran mempengaruhi terhadap efektivitas alat penukar kalor dimana semakin besar debit aliran maka semakin kecil nilai efektivitas penukar kalornya.
3. Presentase hasil analisa dimana di dapatkan pada debit aliran 0,377 L/s di dapat nilai efektivitas 0,35, pada debit aliran 0,472 di dapat nilai efektivitas 0,30 dan pada debit aliran 0,567 di dapat nilai efektivitas 0,25.

UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah dengan rahmat Allah yang maha kuasa, penulis sampaikan terimakasih Kepada Kasub Termohidrolika, Kabid BOFa dan Ka.PTRKN BATAN, atas dukungan dan fasilitas yang telah di berikan hingga tulisan ini bisaterselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. AAIS Komala Dewi, "Analisis Variasi jarak pembuluh terhadap unjuk kerja Kondensor", Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM Vol 1 No.1, Desember 2007 (36-41).
2. Mulya Juarsa, "Simulasi Eksperimental kecelakaan parah pada pemahaman aspek manajemen kecelakaan", Jurnal TPL 2007, ISSN 1410-9585
3. Zainudin, dkk, Studi Eksperimental Alat penukar Kalor shell and tube dengan memanfaatkan Gas buang mesin Diesel sebagai pemanas Air, MTM FT ITM, juni 2005.