

DAYA PEMANASAN DAN ENTALPI ALIRAN MASUKAN PADA PIPA UJI ENGINEERING LOOP-NILO I

Henky P. Rahardjo, B. Soekodijat, R. Suryawinata
Pusat Penelitian Teknik Nuklir - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

DAYA PEMANASAN DAN ENTALPI ALIRAN MASUKAN PADA PIPA UJI *ENGINEERING LOOP-NILO I*. Engineering loop atau biasa disebut NILO I adalah suatu alat simulasi yang dapat digunakan untuk mempelajari proses perpindahan panas yang terjadi dari elemen bakar ke fluida pendingin suatu reaktor nuklir. Proses perpindahan panas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain sifat dan aliran fluida pemanasan dan entalpi aliran masukan pada pipa uji NILO I tidak merata. Oleh karena itu untuk mengetahui bentuk distribusi panas yang terjadi pada pipa uji, perlu diteliti terlebih dahulu penyerapan panas oleh fluida pendingin dari pemanas mula (preheater) dan dari pemanas lanjut (rectifier). Penyerapan panas oleh fluida kerja pada pipa uji digambarkan sebagai distribusi temperaturnya. Dengan mengukur temperatur dinding pipa uji dan temperatur fluida masuk maupun yang keluar serta temperatur kamar, maka dapat diperoleh distribusi temperatur sepanjang pipa uji yang menggambarkan penyerapan panas oleh fluida kerjanya. Percobaan dilakukan untuk laju alir yang berbeda-beda. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa daya pemanasan dan entalpi aliran masuk pada pipa uji tidak merata. Hal ini terlihat dari bentuk distribusi temperaturnya yang mengalami kenaikan pada bagian atas. Hal ini dapat menjadi masukan bagi pengoperasian *Engineering Loop*, sehingga dapat lebih aman dan optimal.

ABSTRACT-1

The engineering Loop, usually called NILO-I is a simulation facility used to study the heat transfer process taking place from fuel element to cooling fluid in a nuclear reactor. The heat transfer process can be influenced by some factors among other things cooling fluid characteristic and flow environmental condition, etc. Due to these factors, the heating power and enthalpy of the inlet flow in the test section of NILO- I cannot be uniform. Therefore heat absorption by the cooling fluid of the preheater and the rectifier should be studied first to gain knowledge of the form of the heat distribution in the test section. Heat absorption by the working fluid in the test section is expressed by its temperature distribution. By measuring the wall temperatures of the test section, the inlet and outlet temperatures, and also the room temperature, the temperature distribution along the test section was obtained. The experiment was performed for different flow rates. The results showed the nonuniformity of the heating power and enthalpy of the inlet flow in the test section, seen from the form of the temperature distribution that was measured at the upper section. The results can be used as input for Engineering Loop operation to increase safety and to achieve optimization.

PENDAHULUAN

Proses perpindahan panas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: sifat dan aliran fluida pendingin, keadaan lingkungan dan lain-lain. Sedang pendinginan suatu reaktor nuklir sangat dipengaruhi oleh proses perpindahan panasnya, dan pendinginan tersebut akan optimum jika panas dapat dipindahkan secara keseluruhan ke fluida pendingin. Oleh karena itu perlu dipelajari proses perpindahan panas yang terjadi dari elemen bakar reaktor nuklir ke fluida pendingin (fluida kerja).

Salah satu cara untuk mempelajari proses perpindahan panas tersebut adalah dengan meng-

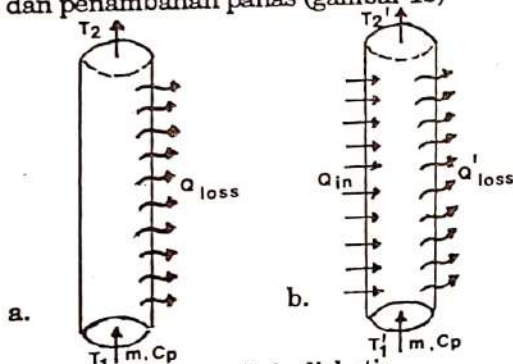
gunakan alat simulasi yang disebut *Engineering Loop - NILO I*, yang dilengkapi dengan fasilitas pipa uji sebagai simulator elemen bakar reaktor, sedang sumber panasnya diberikan melalui pemanas mula (preheater) dan pemanas lanjut (rectifier). Karena distribusi panas pada pipa uji tidak merata, maka sebagai penelitian awal dilakukan percobaan untuk mengetahui penyerapan panas oleh fluida kerja dari pemanas mula dan pemanas lanjut.

Penyerapan panas oleh fluida kerja dapat digambarkan sebagai distribusi temperaturnya. Dengan menempatkan termokopel sepanjang pipa

uji maka dapat diketahui distribusi temperatur aksialnya. Dengan demikian dapat diketahui pula titik terpanas sepanjang pipa uji, sehingga dapat dihindarkan kebocoran pipa uji akibat adanya fluks panas kritis. Selain itu pada percobaan ini dapat diketahui pula hubungan daya pemanasan sebagai fungsi dari temperatur dinding. Diharapkan hasil percobaan ini dapat menjadi masukan bagi penelitian selanjutnya.

PENYERAPAN PANAS OLEH FLUIDA KERJA

Penyerapan panas oleh fluida kerja pada pipa uji dapat dianalisis seperti kondisi perpindahan panas pada aliran di dalam pipa. Pada penelitian ini terdapat dua kondisi, yaitu adiabatik (gambar 1a) dan penambahan panas (gambar 1b)



Gambar 1. a. Kondisi adiabatik
b. Penambahan panas

Kondisi Adiabatik

Pada kondisi adiabatik, sumber panas adalah fluida sedang dinding pipa mendapat energi panas dari fluida kerja. Jika pada keadaan tunak (steady state) dan panas jenis sepanjang aliran dianggap konstan, maka untuk kondisi adiabatik akan berlaku persamaan berikut :

$$Q_{loss} = m C_p (T_1 - T_2) \quad (1)$$

Q_{loss} ialah laju perpindahan panas yang keluar dari pipa (Watt), m laju aliran massa (Kg/dt), C_p panas jenis pada tekanan konstan (W/kg $^{\circ}$ C)

Jika koefisien perpindahan panas antara dinding dan sekeliling konstan maka :

$$Q_{loss} = UA (T_w - T_{\infty}) \quad (2)$$

U ialah koefisien perpindahan panas (W/m 2 $^{\circ}$ C)
 $A = 2 \pi r l$ ialah luas bidang perpindahan panas (m 2), T_w temperatur dinding pipa ($^{\circ}$ C), T_{∞} temperatur kamar rata-rata ($^{\circ}$ C)

Kondisi Penambahan Panas

Pada kondisi adanya penambahan panas, yang menjadi sumber panas selain fluida kerja juga

pipanya. Maka pada kondisi tunak dengan panas jenis yang konstan akan berlaku persamaan:

$$Q_{in} - Q'_{loss} = m C_p (T_2 - T_1) \quad (3)$$

Q_{in} daya masukan pipa uji (watt)

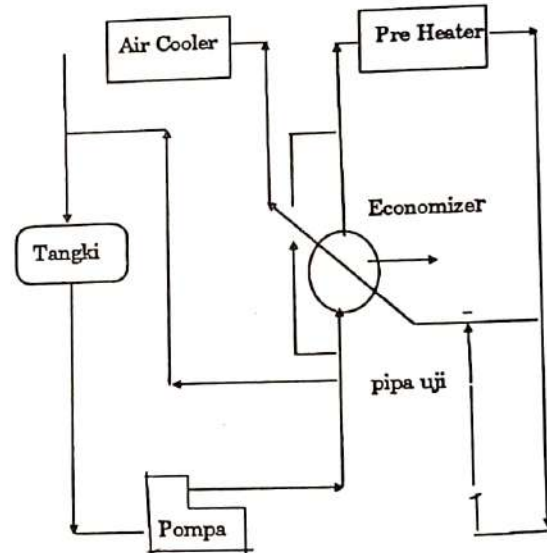
$$Q'_{loss} = UA (T_w - T_{\infty}) \quad (4)$$

Jika $U = U'$ maka dari persamaan (2) dan (4) diperoleh : $\frac{Q'_{loss}}{Q_{loss}} = \frac{(T_w - T_{\infty})}{(T_w - T_{\infty})}$, maka:

$$Q'_{loss} = \frac{(T_w - T_{\infty})}{(T_w - T_{\infty})} Q_{loss} \text{ atau } Q'_{loss} = Q_{loss}$$

EKSPERIMEN

Rangkaian lengkap percobaan dengan Engineering Loop - NILO I dapat dilihat pada gambar 2 dengan pipa uji yang dipasang vertikal.

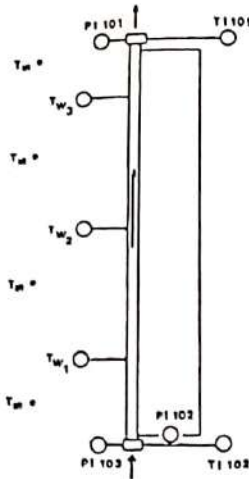


Gambar 2. Rangkaian lengkap Engineering Loop-NILO I.

Mengingat keterbatasan alat-alat ukur terutama termokopel, maka untuk mengetahui bagian-bagian yang terpanas pada pipa uji dipasang alat-alat ukur temperatur dan tekanan pada titik-titik tertentu pada pipa uji seperti terlihat pada gambar 3.

Rincian percobaan adalah sebagai berikut:

1. Engineering Loop dioperasikan, dan laju alir diatur dengan mengatur langkah torak pompanya pada 44%.
2. Tekanan masukan pada 80 Bar diatur agar konstan.
3. Pemanas mula (EPPF) dioperasikan pada daya 50 kW konstan sampai temperatur mencapai kondisi tunak.



Gambar 3. Titik-titik pengukuran pada pipa uji

4. Setelah temperatur mencapai kondisi tunak; temperatur fluida yang masuk pipa uji, temperatur fluida yang keluar pipa uji, temperatur dinding pipa uji, dan temperatur kamar dicatat.
5. Pemanas pada pipa uji (TSPF) dioperasikan pada daya 10 kW sampai temperatur mencapai kondisi tunak kembali.
6. Setelah dicapai kondisi tunak, kembali dicatat penunjukan temperatur fluida yang masuk pipa uji, temperatur fluida yang keluar pipa uji, temperatur dinding pipa, dan temperatur kamar.
7. Langkah 1 sampai dengan 6 diulang kembali, untuk langkah torak pompa pada 48 % dan 30 %

HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN

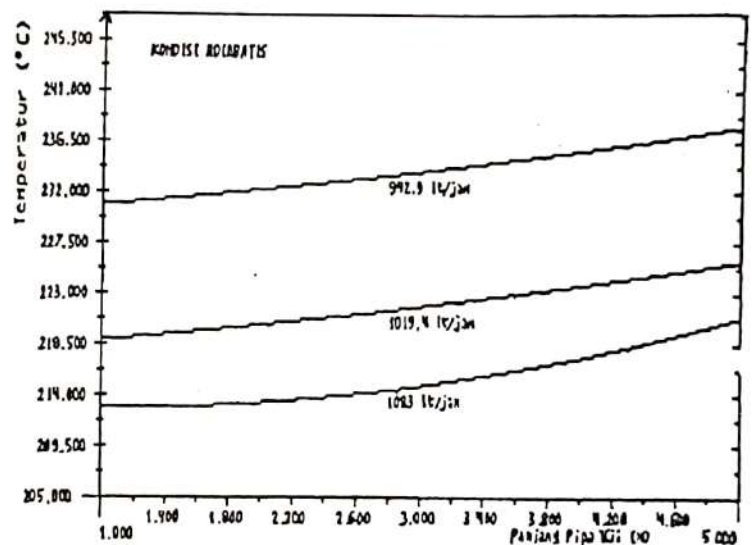
Hasil percobaan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil percobaan

Kon-disi	V'' l/jam	T _{in} °C	T _{out} °C	Tw ₃ °C	Tw ₂ °C	Tw ₁ °C	T _{rata} ² °C
A d i a - b a t i s	942,9	250,7	249,8	238	234	231	28,3
	1019,4	237	235,8	226	222	219	28,7
	1.083	230,5	229,3	221	215	213	28,4
P e n a m - b a h a n p a n a s	942,9	249,2	250,8	239	234	231	28,2
	1019	235,6	237,1	227	223	219	29,01
	1083	230,6	231,5	223	216	214	28,6

Dari hasil percobaan terlihat bahwa pada kondisi adiabatik, temperatur bertambah dengan bertambahnya panjang pipa, ini tidak sesuai dengan teori yang ada. Seharusnya dengan ber-

tambah panjangnya pipa temperturnya turun, karena sumber panas berasal dari pemanas mula (sebelum masuk pipa uji), sehingga pada bagian keluaran pipa uji seharusnya lebih rendah karena adanya kerugian panas. Penyimpangan saat adiabatik ini diduga dari akibat tidak diisolasinya pipa uji, sehingga udara luar sangat berpengaruh pada pipa uji, terutama panas yang berasal dari atap asbes pada operasi siang sangat berpengaruh. Sedang pada kondisi penambahan panas terlihat bahwa dengan bertambah panjangnya pipa uji akan bertambah pula temperturnya. Disamping itu terlihat pula bahwa dengan bertambahnya laju alir, maka temperatur fluida kerja dan temperatur dinding akan berkurang (gambar 4).



Gambar 4. Temperatur dinding pipa uji sebagai fungsi dari panjang pipa uji pada kondisi adiabatik untuk 3 macam laju alir fluida

Dengan demikian, jika diinginkan temperatur yang tinggi pada tekanan tertentu, maka laju alir harus diperkecil. Sedang laju perubahan panas netto saat adiabatik dan saat ada penambahan panas dapat dihitung melalui langkah-langkah berikut :

Kondisi Adiabatik :

$$1. T_f = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} = \frac{250,7 + 249,8}{2} = 250,2^\circ C$$

$$2. \text{ Dari harga } T_f, \text{ diperoleh dari tabel harga} \\ = 799,4 \text{ kg/m}^3 \text{ dan } C_p = 4,679 \text{ kJ/kg}^\circ C$$

$$3. m = v = 799$$

$$4. Q_{nett} = Q_{loss} = v C_p (250,7 - 249,8) \\ Q_{loss} = 799,4 \times 942,9 \times 10^{-3} \times 4,679 \times 0,9 \\ = 3174,13 \text{ kW}$$

$$5. T_{w \text{ rata}} = \frac{238 + 234 + 231}{3} = 234,33^\circ C$$

$$6. T_w \text{ rata} - T_{rata} = 234,33 - 28,3 = 206^\circ C$$

Kondisi dengan penambahan panas :

$$7. T_w \text{ rata} = \frac{239 + 234 + 231}{3} = 234,66^\circ\text{C}$$

$$8. T_w \text{ rata} - T' \text{ rata} = 234,66 - 28,2 = 206,46^\circ\text{C}$$

9. Untuk $U = U$, maka Q'_{loss}

$$= \frac{206,46}{206} (3174,13) = 3181,22 \text{ kW}$$

10. Langkah 1 sampai dengan 9 diulangi untuk laju alir yang lain. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan

Laju Alir (lt/jam)	Adiabatis		Penambahan Panas	
	Q_{loss} (kW)	$(T_w \text{ rata} - T \text{ rata})$ ($^\circ\text{C}$)	Q_{loss} (kW)	$(T_w \text{ rata} - T \text{ rata})$ ($^\circ\text{C}$)
942,9	3174,13	206	3181,22	206,46
1019	4618,22	193,63	4627,51	193,99
1083	4925,93	187,93	4955,72	189,07

Dari hasil perhitungan terlihat bahwa dengan naiknya laju alir akan menaikkan laju aliran panas yang keluar dari pipa uji, tetapi menurunkan temperatur dindingnya (gambar 5)

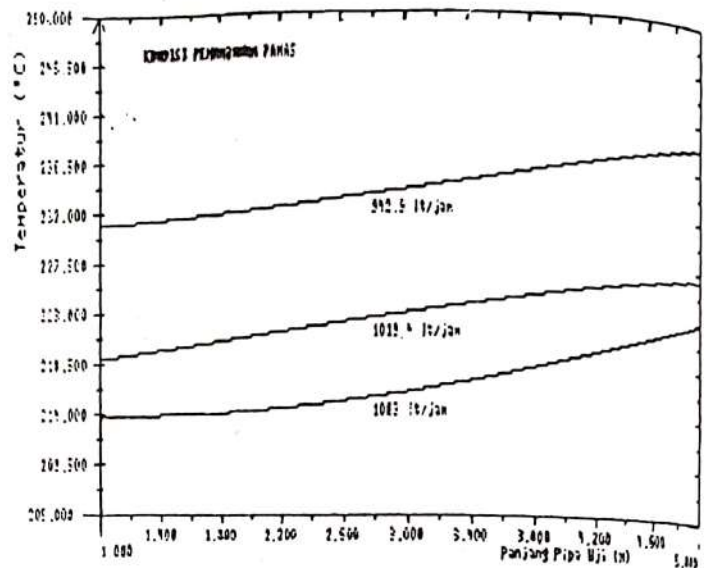
KESIMPULAN DAN SARAN

Dari percobaan ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Bertambahnya laju alir akan memperbesar laju perpindahan panas.

DAFTAR PUSTAKA

1. BINDER, R.C., Fluid Mechanics, Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi, 1975.
2. HOLMAN, J.P., Heat Transfer, Mc.Graw-Hill, Ltd., Tokyo, 1981.
3. JAMES, E.A.J. and WILLIAM, L.H., Introduction to Fluid Mechanics, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 1980
4. KHAN, L.A. and NABBI, R., Heat Transfer Analysis of The Existing HEU and Proposed LEU Cores of Pakistan Research Reactor, Karnforschungsanlage, Julich, Jul-2118, Febr.1987.
5. JEAN, J.B., Two-Phase Flows and Heat Transfer with Application to Nuclear reactor Design Problems, Von Karman Institute for Fluid Dynamics Rhode-Saint-Genese, Belginan, 1978.



Gambar 5. Temperatur dinding pipa uji sebagai fungsi dari panjang pipa uji pada kondisi penambahan panas untuk 3 macam laju alirfluida.

2. Bertambahnya laju alir akan menurunkan temperatur dinding pipa uji.
3. Temperatur yang tertinggi terjadi pada pipa uji bagian atas jika ada penambahan panas.

Mengingat penelitian ini baru tahap awal, disarankan dilakukan penelitian lebih lanjut, misalnya:

1. Percobaan pada kondisi adiabatik harus diulangi, yaitu dilakukan pada malam hari sehingga pengaruh radiasi panas dari luar dapat dihindari.
2. Supaya hasilnya lebih akurat, percobaan harus dilakukan dengan laju alir yang lebih bervariasi.