

## KERUGIAN TEKANAN PADA PIPA UJI HORIZONTAL SISTEM ENGINEERING LOOP NILO I

Masri Zulfikar Yahya, Henky P. Raharjo, B. Soekodijat  
Pusat Penelitian Teknik Nuklir - Badan Tenaga Atom Nasional

### ABSTRAK

KERUGIAN TEKANAN PADA PIPA UJI HORIZONTAL SISTEM ENGINEERING LOOP NILO I. Engineering Loop adalah suatu alat simulasi yang dapat digunakan untuk mempelajari proses perpindahan panas yang terjadi dari elemen bahan bakar ke fluida pendingin suatu reaktor nuklir. Fasilitas pipa uji pada Engineering LOOP merupakan simulasi kanal di antara bahan bakar reaktor, sedangkan sumber panasnya diberikan dari pemanas listrik melalui pemanas mula (preheater) dan pemanas lanjut (rectifier). Proses perpindahan panas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain oleh sifat kecepatan dan tekanan fluida, pada penelitian ini faktor kerugian tekanan karena ketinggian diabaikan. Karena adanya pengaruh dari faktor-faktor tersebut, maka daya pemanasan pada pipa uji menjadi tidak merata. Sehingga perlu diteliti pengaruh-pengaruh tersebut sepanjang pipa uji. Dalam hal ini hanya akan ditinjau dari kerugian tekanan sepanjang pipa uji saja. Dengan mengetahui tekanan masukan dan keluaran pada pipa uji, maka dapat diketahui beda tekanan yang terjadi pada setiap jarak yang ditentukan sepanjang pipa uji, di mana dalam perhitungan metode yang digunakan adalah persamaan dari ENERGI. Karena percobaan yang dilakukan pada posisi horisontal maka faktor gravitasi dapat diabaikan. Disamping itu untuk mempermudah perhitungan karena kondisi pipa yang panjang, disamping persamaan energi maka dipergunakan juga rumus DARCY NUMBER.

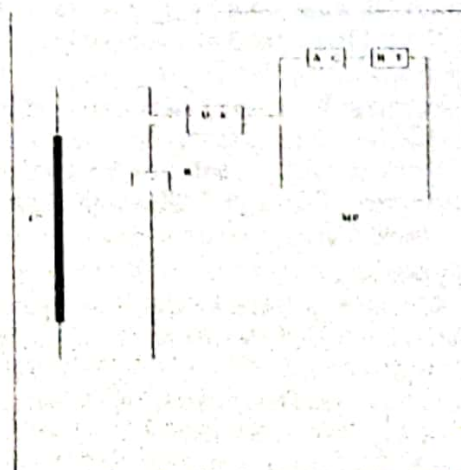
### ABSTRACT

PRESSURE LOSS OF HORIZONTAL TEST SECTION OF THE NILO-I-ENGINEERING LOOP SYSTEM. NILO-I Bandung Engineering Loop can be applied for simulating the heat transfer process from a bundle of fuel elements to the coolant fluid in a nuclear reactor. The facility provided with rod heater to simulate a fuel element and with a preheater and rectifier to supply heat to the coolant fluid. The heat transfer process is influence by many factors, such as: flow rate and pressure of the fluid. However, pressure loss due to height difference is ignored in this experiment. The factors mentioned above cause in homogeneity in the heating of the test section. Their influences on the pressure loss are studied in this experiment. By taking into account the input/output pressure, flow rate and temperature of the fluid. The pressure loss along the test section is calculated by using energy-balance equations as well as Darcy Number.

### PENDAHULUAN

Salah satu proses untuk mempelajari perpindahan panas di dalam teras reaktor ialah dengan menggunakan alat simulasi yang disebut Engineering Loop atau NILO I. Alat ini dilengkapi dengan fasilitas pipa uji sebagai simulasi kanal di antara elemen bakar reaktor, sedang sumber panasnya diberikan dari pemanas listrik yaitu melalui pemanas mula (preheater) dan pemanas lanjut (rectifier). Bagan dapat dilihat pada Gambar 1.

Fasilitas pipa uji pada NILO I dirancang untuk mampu menaikkan daya panas hingga mencapai kondisi dua fasa. Pencapaian kondisi tersebut sangat dipengaruhi oleh sifat fisis, aliran dan tekanan fluida kerja di dalam pipa uji.



Gambar 1. Sistem NILO I



Karena adanya penurunan tekanan fluida, maka perlu dilakukan percobaan untuk mengetahui distribusi tekanan fluida sepanjang pipa uji. Dari percobaan Engineering Loop, dapat diketahui tekanan masuk dan keluar pada pipa uji, dan dapat diketahui pula perbedaan tekanan sepanjang pipa uji. Melalui perhitungan dapat diketahui besarnya tekanan di setiap titik sepanjang pipa uji.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi penelitian lebih lanjut.

### TEORI DASAR

Perubahan tekanan pada pipa uji dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : faktor ketinggian, perubahan kecepatan, perubahan penampang dan gesekan.

Karena di dalam percobaan yang dilakukan digunakan pipa uji horisontal, maka perubahan tekanan karena faktor ketinggian, perubahan kecepatan fluida dapat diabaikan. Selain itu, karena luas penampang pipa uji adalah sama/homogen disepanjang pipa, maka perubahan tekanan akibat perubahan penampang tidak diperhitungkan. Dengan demikian, satu-satunya faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan tekanan di dalam pipa uji adalah gesekan yang untuk pipa dengan geometri konstan. dapat dihitung dengan persamaan :

$$DP_f = \lambda (L/D) (r U^2/2) \times 10^{-5} \quad (1)$$

$\lambda$  = bilangan Darcy.

Korelasi yang berlaku untuk bilangan Darcy tersebut amat bergantung dari kondisi percobaan:

#### Tanpa pemanasan

Untuk dinding yang halus dan untuk bilangan Reynolds antara 3000 - 300.000.

$$\lambda = 0,0056 + 0,5 Re^{-0,32} \quad (2)$$

Untuk bilangan Reynolds kurang dari 2000:

$$\lambda = K' / Re \quad (3)$$

$K' = 96$  untuk pipa empat persegi panjang. Untuk bilangan Reynolds 2000 - 3000 dipakai harga rata-ratanya.

#### Dengan pemanasan

Dalam sebuah pipa yang dindingnya dipanaskan atau didinginkan, faktor geseknya adalah:

$$\lambda = \lambda_0 R \quad (4)$$

$\lambda$  = harga bilangan Darcy tanpa pemanasan;  $R$  = faktor yang diperoleh dari eksperimen.

$$R = 1 - 0,5 (1+y)^b \log_{10} (1+y) + 0,04 \quad (5)$$

$$\text{dimana } y = (m/m_w - 1) / (m/m_w) \quad (6)$$

$$b = 0,17 - 2,0 \times 10^{-6} Re + 1800/Re \quad (7)$$

$m$  = viskositas dinamis pada temperatur air;  
 $m_w$  = viskositas dinamis pada temperatur dinding.

Persamaan ini berlaku untuk pipa bulat dan empat persegi panjang. Sebuah pendekatan telah diberikan dengan rumus:

$$R = 1 - (0,0047 - 0,000033T) (T_w - T) \quad (8)$$

Temperatur dinding ( $T_w$ ) dan temperatur fluida ( $T$ ) diberikan dalam °C.

### TATA KERJA DAN HASIL

Eksperimen yang dilakukan pada fasilitas Engineering Loop (NILO I) meliputi tahapan pelaksanaan sebagai berikut:

1. Operasikan Engineering Loop. kemudian atur laju alir pompa tekan pada langkah 80%.
2. Atur tekanan masuk pipa uji pada posisi 80 bar.
3. Jalankan pemanas mula (preheater) pada daya 50kW sampai temperatur mencapai kondisi tunak.
4. Setelah mencapai kondisi tunak, catat tekanan masuk, tekanan keluar, temperatur masuk, temperatur keluar dan beda tekanannya ( $\Delta P$ ).
5. Operasikan pemanas lanjut (rectifier) pada daya 10 kW.
6. Setelah mencapai kondisi tunak, catat kembali tekanan, temperatur dan beda tekanannya.
7. Langkah 1 sampai dengan 6 diulang kembali pada posisi langkah pompa tekan : 80%, 83%, 86%, 88%.

Data hasil percobaan yang dilakukan ada pada Tabel 1 dan 2.

### PEMBAHASAN

Dari hasil percobaan dengan mengambil satu kasus pada laju alir sebesar 80% x langkah pompa-tekan = 1019,4 l/jam tanpa pemanasan lanjut pada pipa uji menunjukkan:

Tekanan masuk,  $P_{in} = 76,5$  bar; tekanan keluar,  $P_{out} = 75,6$  bar;  $DP = 1,121$  bar, maka dari tabel diperoleh harga-harga:  $r = 785,2 \text{ kg/m}^3$ ;  $m = 1,07 \times 10^{-4}$ .

Kecepatan fluida ( $U$ ) diperoleh dengan persamaan:

$$U = \frac{Q}{A} = \frac{2,83166 e^{-4}}{5,024 e^{-5}} = 5,636 \text{ m}^3/\text{det.}$$

$Q$  = debit air (l/jam);  $A$  = luas penampang pipa =  $\pi r^2 = 3,14 \times (4 e^{-2})^2 = 5,024 e^{-5} \text{ m}^2$ .

Kemudian bilangan Reynolds diperoleh melalui persamaan:



Tabel 1. Hasil percobaan tanpa penambahan panas

No.	Laju alir		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	P <sub>in</sub> (bar)	P <sub>out</sub> (bar)	ΔP (bar)
	(%)	(l/jam)					
1.	80	1019,4	254,5	254,8	76,5	75,6	1,121
2.	83	1057,6	238,9	239,2	76,7	75,3	1,261
3.	86	1095,8	238,0	238,1	76,8	76,2	1,338
4.	88	1121,5	231,5	231,6	76,4	75,3	1,369

Tabel 2. Hasil percobaan dengan penambahan panas

No.	Laju alir		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)	P <sub>in</sub> (bar)	P <sub>out</sub> (bar)	ΔP (bar)
	(%)	(l/jam)					
1.	80	1019,4	290,0	283,4	75,6	75,0	1,193
2.	83	1057,6	281,2	270,4	76,8	76,5	1,219
3.	86	1095,8	277,2	277,2	76,6	75,7	1,299
4.	88	1121,3	279,4	268,3	76,7	76,3	1,304

$$Re = \frac{r v d}{m} = \frac{785,2 \times 5,636 \times 0,008}{1,07 \cdot 10^{-4}} = 165,435$$

Sehingga bilangan Darcy dapat dihitung dari persamaan 2.

Dengan menggunakan persamaan 1 maka untuk jarak pipa uji (L) = 6 meter perubahan tahanan total dapat dihitung sebagai berikut:  $DP_{tot} = 0,0108 (6 \times 0,008) (785,2 \times 5,636^2 / 2) \times 10^{-5} = 1,01016$ .

Untuk mengetahui DP pada jarak-jarak tertentu pada pipa uji NILO I sepanjang 6 meter, terlebih dahulu ditentukan potongan-potongan pipa yang akan dihitung, dan untuk harga-harga r dan m untuk tiap-tiap potongan pipa pada percobaan. Tanpa pemanasan pada pipa uji, dianggap sama, sehingga penurunan tekanan pada grafik akan terlihat linier.

Maka DP untuk jarak pipa uji 1 meter dapat dihitung:

$$\Delta P_1 = 0,0108 (1 \times 0,008) (785,2 \times 5,636^2 / 2) \times 10^{-5} = 0,16836 \text{ bar. } P_{in} = P_o = 76,5 \text{ bar.}$$

Besar tekanan pada jarak 1 meter:

$$P_1 = P_o - \Delta P_1 = 76,5 - 0,16836 \text{ Bar} = 76,33164 \text{ bar.}$$

Penurunan tekanan pada potongan pipa ke 2 (sepanjang 2 meter):

$$\Delta P_2 = 0,0108 (2 \times 0,008) (785,2 \times 5,636^2 / 2) \times 10^{-5} = 0,33672 \text{ bar.}$$

Besar tekanan pada potongan ke 2:

$$P_2 = P_1 - \Delta P_2 = 76,33164 - 0,33672 = 75,99492 \text{ bar.}$$

Penurunan tekanan pada potongan pipa ke 3 (sepanjang 3 meter):

$$\Delta P_3 = 0,0108 (3 \times 0,008) (785,2 \times 5,636^2 / 2) \times 10^{-5} = 0,50508 \text{ bar.}$$

Sehingga besar tekanan pada potongan ke 3:

$$P_3 = P_{out} = P_2 - \Delta P_3 = 75,99492 - 0,50508 = 75,49 \text{ bar.}$$

Jadi penurunan tekanan sepanjang pipa 6 meter (total) =  $\Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 = 0,16836 + 0,33672 + 0,50508 \text{ bar} = 1,01016 \text{ bar.}$

Maka dari hasil percobaan dan perhitungan, diperoleh data tekanan fluida sebagai berikut: Hasil percobaan:  $P_{in} = 76,5 \text{ bar; } P_{out} = 75,6 \text{ bar; } DP_{total} = 1,121 \text{ bar.}$

Sedangkan menurut perhitungan diperoleh:

$$P_{in} = 76,5 \text{ bar; } P_{out} = 75,48984 \text{ bar; } DP_{total} = 1,010 \text{ bar.}$$

Dari hasil percobaan dan perhitungan distribusi tekanan sepanjang pipa uji NILO I terlihat bahwa:

1. Pada pipa sepanjang 6 meter terjadi penurunan tekanan kurang lebih 1 bar.
2. Semakin panjang pipa uji yang dilalui fluida, semakin besar pula penurunan tekanan fluida. Hal ini terjadi karena tekanan fluida dipengaruhi oleh faktor panjang pipa dan faktor kekasaran pipa.
3. Penurunan tekanan hasil percobaan dibandingkan dengan perhitungan menunjukkan perbedaan ΔP hasil percobaan lebih besar 0,111 bar dari ΔP hasil perhitungan. Hal ini