

EFEK PIPA SPIRAL PADA ALAT PENUKAR KALOR (HEAT EXCHANGER)

Yanuar*, Gunawan* dan M Baqi*

*Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Indonesia
Kampus UI Depok 16424

Phone: +62-21-7270032, FAX: +62-21-7270033 E-mail: yanuar@eng.ui.ac.id

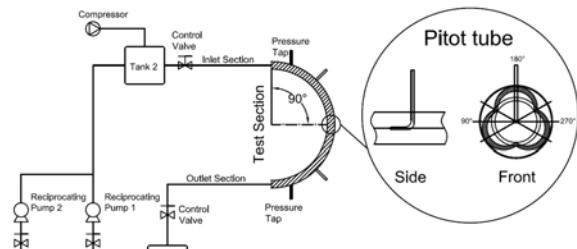
Teknologi pendingin sangat diperlukan bagi dunia industri. Terjadinya beban termal yang tinggi harus ditangani secara khusus agar tidak menimbulkan kerugian yang besar dan dapat menghemat penggunaan energi. Pipa spiral lurus dan pipa spiral lengkung yang dapat membuat aliran berputar yang akan menipiskan ketebalan boundary layer pada dinding. Variasi jarak langkah (pitch) dengan diameter, $P/D = 6,7$ dan $7,1$ digunakan dalam penelitian. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bentuk distribusi kecepatan aliran didalam pipa spiral lurus dan pipa spiral lengkung. Air digunakan sebagai fluida kerja standar untuk mengetahui ragam distribusi kecepatan. Kecepatan maksimum pada pipa spiral terletak pada kwadran 1 dibagian atas kanan dari sumbu.

Kata kunci : pipa spiral lurus, pipa spiral lengkung, distribusi kecepatan.

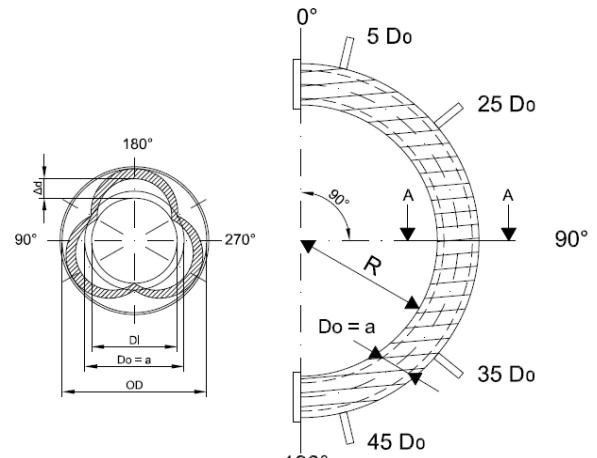
1. Pendahuluan

Penelitian pada tahun 2006 menggunakan pipa spiral sebagai sarana pengangkutan Lumpur lapindo. Dimana hasil yang didapatkan pipa spiral sebagai media pengangkutan, memiliki keunggulan dibanding menggunakan pipa bulat. Fenomena terjadinya pengurangan hambatan (drag reduction) pada pipa spiral, menyebabkan terjadi efisiensi energi dalam proses pengangkutan Lumpur. Pipa spiral dapat membentuk aliran fluida berputar, karena gaya tangensial dari aliran axial tersebut. Akibat perputaran menghasilkan penipisan ketebalan lapisan batas dinding (boundary layer) aliran yang menyebabkan panas mudah berpindah. Karakteristik aliran didalam pipa lengkung (bend) sangat menarik diteliti untuk mengetahui bentuk distribusi kecepatan yang akan terkait dengan koefisien kerugian lengkungan (minor losses) dan distribusi penyebaran panas. Pipa spiral lurus dan pipa spiral lengkung dengan variasi jarak langkah (pitch) dengan diameter, $P/D = 6,7$ dan $7,1$ digunakan dalam penelitian. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bentuk distribusi kecepatan aliran didalam pipa spiral lurus dan pipa spiral lengkung.

2. Eksperimental Setup



Gambar 1 Eksperimental Set Up



Gambar 2 Penampang muka dan samping pipa spiral



Gambar 1 dan 2 menunjukkan set up alat uji untuk mengukur distribusi kecepatan didalam pipa spiral lurus dan pipa spiral lengkung. Pitot tube diletakkan pada bagian atas, sisi kiri dan sisi kanan penampang pipa spiral secara bergantian. Pitot tube digerakkan dari bagian atas menuju bawah, kiri ke kanan atau kanan ke kekiri setiap 1 -2 mm jarak kenaikannya. Setiap kenaikkan bilangan Reynolds dilakukan pengambilan data distribusi kecepatannya. Hasil proyeksi dari 3 arah pengukuran distribusi kecepatan dapat menggambarkan distribusi kecepatan dari pipa spiral lengkung dan pipa spiral lurus. Pipa bulat digunakan juga sebagai pembanding.

3. Landasan Teori

Analisa persamaan untuk membantu menyelesaikan penelitian ini adalah:

Hubungan antara viskositas dengan tegangan geser (shear stress) fluida non Newtonian:

$$\tau = K \left(\frac{du}{dr} \right)^n \quad (1)$$

Persamaan kurva aliran (flow curve) hubungan tetangan geser (shear stress) dengan gradient kecepatan:

$$\frac{D\Delta P}{4L} = K \left(\frac{8u}{D} \right)^n \quad (2)$$

Perhitungan eksponensial *Power Law*, n adalah:
Perhitungan koefisien gesek dari persamaan Darcy Wiesbach:

$$f = \left(\frac{8}{\rho u^2} \right) K \left(\frac{du}{dr} \right)^n \quad (3)$$

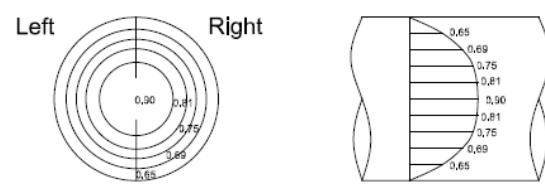
Koefisien kerugian pada pipa lengkung

$$\xi = (\Delta h) / \left(\frac{u^2}{2g} \right) \quad (4)$$

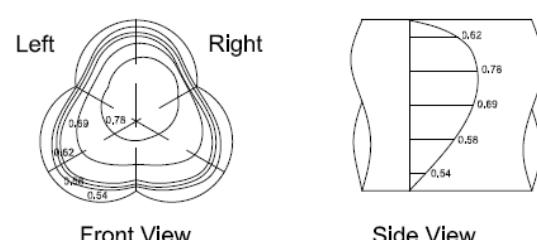
Perbandingan komponen kecepatan

$$u_y = u_m \left(1 - \frac{r}{R} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (5)$$

4. Hasil dan Diskusi



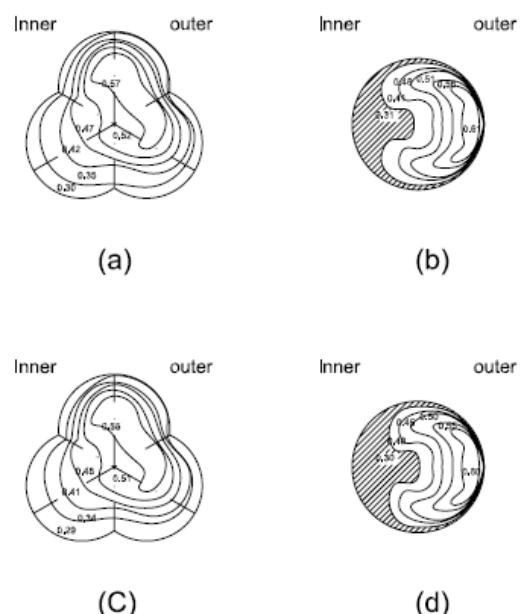
(a) Circular Pipe $D_i = 24.6 \text{ mm}$



(b) Straight Spiral Pipe $P/D_i = 6.7$

Gambar 3. Distribusi kecepatan pada (a) pipa lurus (b) pipa spiral pada fluida kerja air 27°C .

Dari gambar 3 terlihat distribusi kecepatan pada pipa bulat lurus mempunyai bentuk serupa dimana kecepatan pada dinding adalah nol dan berangsur naik menuju kecepatan maximum pada sumbu pipa. Untuk pipa spiral lurus kecepatan maximum terjadi pada bagian atas agak kekanan (kwadran 1)



Gambar 4. Distribusi kecepatan pada pipa spiral lengkung $P/D_0 = 7.1$ dan pipa bulat lengkung $D_i = 24.6$ mm pada $R/a=12$. (a) pipa spiral pada $dP/dZ =$



127 Pa/m. (b) pipa bulat pada $dP/dZ = 129$ Pa/m. (c) pipa spiral pada $dP/dZ = 148$ Pa/m. (d) pipa bulat pada $dP/dZ = 150$ Pa/m.

Dari gambar 4 terlihat distribusi kecepatan pada pipa spiral lengkung dan pipa bulat lengkung pada kerugian jatuh tekanan yang hampir sama, tetapi mempunyai distribusi kecepatan yang beda. Warna arsir menunjukkan kecepatan rendah atau kecepatan aliran mendekati nol, pada daerah ini akan terjadi pengendapan. Bentuk distribusi kecepatan yang tidak teratur ini atau bentuk ketebalan lapisan batas yang acak akan menghasilkan pertukaran panas yang sangat baik.

5. Kesimpulan

Distribusi kecepatan pada pipa bulat terletak pada sumbu pipa. Distribusi kecepatan pada pipa spiral terletak pada kwadran 1 ialah agak keatas dan kekanan dari sumbu pipa spiral. Bentuk lapisan batas aliran yang tidak teratur menghasilkan nilai koefisien perpindahan panas yang lebih baik, karena pipa spiral dapat menipiskan ketebalan boundary layer aliran dekat dinding menyebabkan panas mudah bertukar/keluar.

Keterangan Simbol

a	=	Diameter luar pipa
lengkung		
L	[m]	= Panjang pipa uji
K	[Pa.s ⁿ]	= Indeks konsistensi
n	[\cdot]	= Power law indeks
u	[m/s]	= Kecepatan rata-rata aliran
ΔP	[m]	= Perbedaan tekanan
Δh	[m]	= Perbedaan ketinggian
g	[m/s ²]	= gravity
f	[\cdot]	= Koefisien gesek pipa bulat
R		= Jari-jari kelengkungan
Re^*	[\cdot]	= Reynolds generalis
ρ	[kg/m ³]	= density
γ	[1/s]	= du/dr = Gradient kecepatan
τ	[Pa]	= Tegangan geser

Daftar Pustaka

1. K. Khanafer, K. Vafai, and M. Lightstone, "Bouyancy-driven heat transfer enhancement in a two-dimensional enclosure utilizing nanofluids, "International Journal of Heat Transfer, vol.46, no. 19, 2003. pp.3639-3653,
2. S. Lee, S.U. Choi, S. Li, and J.A. Eastman, "Measuring thermal conductivity of fluids containing oxide nanoparticles, " Journal of Heat Transfer, vol. 121, no. 2, 1999. pp. 280-289.

3. M. J. Assael, C.F. Chen, I. Metaxa, W.A. Wakeham, Thermal conductivity of suspensions of carbon nano tubes in water, Int. J. Thermophys. 25 (4) (2004) 971-985.
4. Yanuar, Ridwan, Budiarsa, Raldi A. Koestoeer. "Hydraulics Conveyances of Mud Slurry by a Spiral Pipe". Journal of Mechanical Science and Technology. (JMST) Springer. 23. 2009. 1835-1839



