

Karakterisasi *Pressure Drops* Pada Aliran *Bubble* dan *Slug* Air – Udara Searah Vertikal Ke Atas Melewati *Sudden Contraction*

Indra Koto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan

koto.indra@gmail.com

Intisari

Karakterisasi pressure drop pada aliran dua fase air dan udara pada sudden contraction pipa vertikal dilakukan dengan debit air 0,0642 - 0,2808 liter/s dengan injeksi udara pada debit 0,0544-0,4461 liter/s serta perbandingan diameter 1:2. Pengukuran pressure drop dilakukan dengan menggunakan differential pressure transducer (DPT) yang dipasang pada daerah kontraksi (test section) dengan jarak 102,4mm, output data dari DPT dibaca dengan menggunakan digital oscilloscope (DSO) yang dihubungkan dengan komputer

Perubahan pola aliran yang terjadi tergantung variasi kenaikan debit udara dan air, untuk pola aliran bubble pada air konstan 0,0642 liter/s, pola aliran bubble terbentuk pada debit udara 0,0544 liter/s sedangkan untuk aliran slug terbentuk pada debit udara 0,1238-0,4461 liter/s. Untuk debit udara konstan 0,4461 liter/s awalnya akan terjadi pola aliran slug yang besar, namun saat debit air mengalami peningkatan slug udara yang besar akan perlahan mengecil

Kata kunci: *sudden contraction, aliran dua fase, pressure drop*

Pendahuluan

Suatu fase merupakan salah satu kondisi suatu zat dan dapat berupa padat, cair, dan gas. Aliran multifase adalah aliran serempak dari beberapa fase. Aliran dua-fase merupakan keadaan yang paling sederhana dari aliran multifase yang banyak dijumpai dalam kegiatan industri.

Persoalan aliran dua fase sudah menjadi sangat penting dalam teknologi keteknikan, terutama sekali untuk generator uap, industri pengolahan khususnya teknologi nuklir. Selain itu, aplikasi dua fase tidak hanya relevan dengan masalah-masalah keteknikan dan ilmu pengetahuan modern, tapi juga berkaitan dengan fenomena alam, sehingga perlu adanya penelitian-penelitian lebih lanjut.

Fenomena *sudden contraction* (pengecilan pipa) dapat dijumpai pada aliran yang melalui perpipaan pada peralatan – peralatan industri seperti pada boiler, saluran katup heat exchanger, reaktor nuklir dimana fenomena ini akan mempengaruhi kinerja dari peralatan – peralatan tersebut.

Pada beberapa industri seperti industri kimia, pemindahan fluida umumnya dilakukan melalui sistem perpipaan. Dalam sistem perpipaan, selain memerlukan pipa-pipa utama, juga memerlukan beberapa komponen pipa, seperti belokan pipa, siku, katup, perbesaran saluran, pengecilan saluran, dan kombinasi saluran. Dalam sistem pipa yang besar, kerugian pada komponen pipa biasanya hanya merupakan kerugian yang kecil dibandingkan dengan kerugian akibat gesekan sepanjang saluran. Namun pada sistem yang tidak besar, kerugian pada komponen pipa dapat menjadi kerugian utama terhadap kerugian total sepanjang lintasan aliran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur *pressure drop* dan pola aliran fluktuasi tekanan pada sambungan pipa *sudden contraction*.

Dari penelitian ini diharapkan dapat memperluas pengetahuan karakteristik *pressure drop* pada aliran dua fase udara – air serta penggunaan aplikatif sebagai salah satu bidang terapan di dunia industri,

khususnya pada bidang ilmu mekanika fluida dan aliran 2 fase.

Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan Buku (2007) tentang penurunan tekanan aliran dua fase gas-cair searah keatas pada daerah slug-churn pipa dengan perbedaan diameter 19 mm, 24 mm dan 32 mm yang menjelaskan bahwa perubahan pola aliran bergantung pada variasi kenaikan debit udara dan debit air. Pada debit air yang kecil dan debit udara yang meningkat terjadi proses perubahan pola aliran dari aliran kantung ke aliran acak sementara aliran acak pada debit udara konstan dapat berubah menjadi aliran kantung apabila debit air dinaikkan. Pada kondisi debit aliran udara konstan, penurunan tekanan akan bertambah dengan meningkatnya debit aliran air. Pada kondisi debit aliran air konstan dan udara meningkat maka penurunan tekanan akan menurun pada pengecilan pipa.

Sumarli, (2000) melakukan penelitian mengenai penurunan tekanan dua fase gas-cair melewati pengecilan mendadak penampang segi empat aliran searah horisontal, menyatakan bahwa penurunan tekanan bertambah besar pada fluks massa (G) dan kualitas (x) yang lebih besar. Penurunan tekanan pada aliran dua fase udara-air lebih besar dibanding penurunan tekanan aliran satu fase air. Sedangkan penurunan tekanan model aliran homogen lebih besar dibandingkan penurunan tekanan model aliran terpisah.

Penelitian yang dilakukan oleh Sihombing (2008), penurunan tekanan eksperimen dengan fluida udara - air melewati pengecilan luas penampang saluran segiempat 3x3cm ke 2x2cm searah ke atas. Bila debit air dalam kondisi konstan sedangkan debit udara diperbesar maka penurunan tekanan akan berkurang demikian parameter fluks massa dan bilangan Reynolds sedangkan kualitas dan fraksi hampa meningkat. Pada debit udara konstan penurunan tekanan semakin meningkat bila debit air diperbesar dan parameter fluks massa juga meningkat, sedangkan kualitas aliran dan fraksi hampa semakin menurun.

Dekam dan calvert (1988) melakukan penelitian mengenai kerugian tekanan pada daerah transisi mendadak antara saluran berpenampang bujur sangkar yang mempunyai ukuran sisi 158 mm dengan saluran yang berpenampang segi empat (*rectangular*) dengan rasio perbandingan 0.3 dan 0.625, panjang saluran *rectangular* 1422 mm, yang menyimpulkan bahwa pada aspek rasio yang kecil dapat menaikkan penurunan tekanan dan memperbesar daerah terpisah.

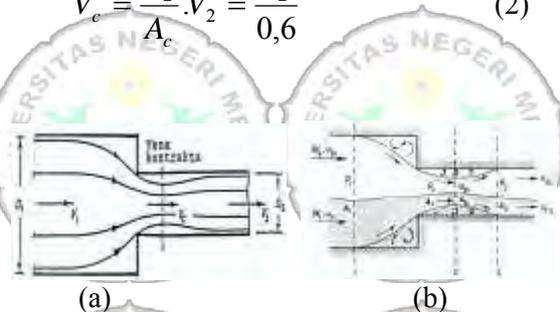
Tinjauan Teori

Secara sederhana penurunan tekanan satu fase dapat diperoleh dengan memperhatikan tiga komponen penurunan tekanan, yaitu: penurunan tekanan akibat gesekan, gravitasi dan percepatan aliran. Sehingga penurunan tekanan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta P = \Delta P_f + \Delta P_g + \Delta P_a \quad (1)$$

Pada pengecilan diameter yang mendadak seperti pada gambar 1, garis aliran pada bagian hulu sambungan akan mengecil pada vena kontrakta. Percobaan-percobaan menunjukkan bahwa luas potongan pada vena kontrakta sekitar 0,6 A₂. Untuk kecepatan di vena kontrakta (V_c), berdasarkan persamaan kekontinyuan didaerah vena kontrakta adalah:

$$V_c = \frac{A_2}{A_c} \cdot V_2 = \frac{V_2}{0,6} \quad (2)$$



Gambar 1. Garis aliran melewati pengecilan mendadak (Triatmojo,1993)

Penurunan tekanan dapat disebabkan oleh adanya gesekan, gravitasi perubahan kecepatan. Untuk aliran yang mengalami pengecilan diameter mendadak, maka persamaan momentumnya adalah:

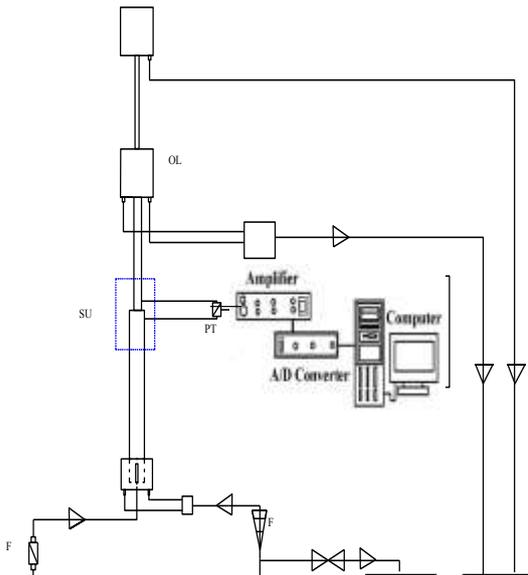
$P_2 A_2 - P_1 A_1 = m_l (u_{l1} - u_{l2}) + m_g (u_{g1} - u_{g2})$ (3)
 Bila aliran yang terjadi homogen, maka persamaan penurunan tekanan (Collier dan Thome, 1994)) dapat ditulis:

$\Delta P_{1-2} \text{ homogen:}$

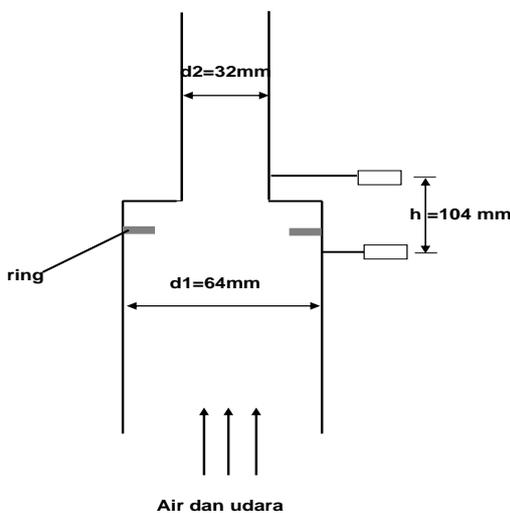
$$= \frac{G_2^2}{2\rho_l} \left[\left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 + (1 - \sigma)^2 \right] \left[1 + x \left(\frac{\rho_l}{\rho_g} - 1 \right) \right] \quad (4)$$

Metode Penelitian

Instalasi Pengujian



Notasi:
 F = flow meter
 PT = pressure transducer
 K = kompressor
 P = Pompa
 M = manometer
 OL = outlet
 SU = seksi uji

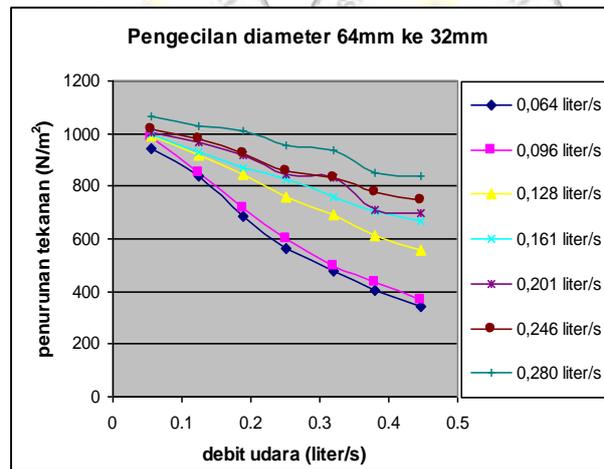


Gambar 3. Seksi Uji

Hasil dan Pembahasan

• **Pressure drop pada debit air konstan**

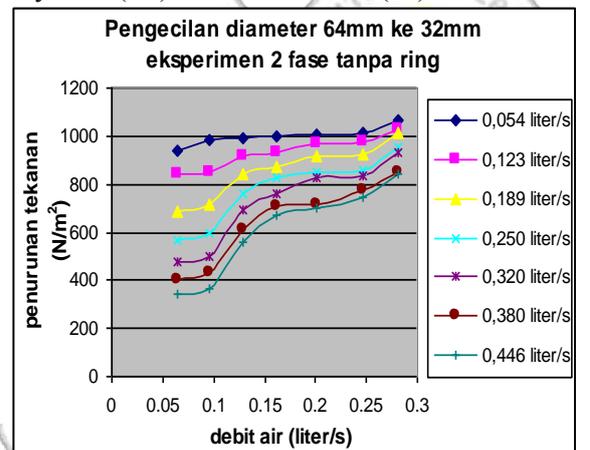
Dari hasil eksperimen diperoleh jika debit air konstan dengan debit udara meningkat maka *pressure drop* (Δp) akan menurun, demikian juga bilangan reynold (Re), Fluks massa (G), disisi lain fraksi hampa (α_h) dan kualitas aliran (x) semakin meningkat, penyebabnya adalah karena faktor kehampaan yang semakin meningkat berakibat pada volume udara yang semakin meningkat dalam sistem.



Gambar 4. Hubungan *Pressure drop* terhadap debit udara pada debit air konstan

• **Pressure drop pada debit udara konstan**

Dalam hal ini, jika debit udara konstan dengan debit air meningkat maka *pressure drop* akan naik, hal ini disebabkan oleh fraksi hampa (α_h) dan kualitas aliran (x) semakin semakin kecil. Peningkatan debit air ini juga menyebabkan juga meningkatkan bilangan reynold (Re) dan Fluks massa (G)



Gambar 5. Hubungan *Pressure drop* terhadap debit air pada debit udara konstan

• **Pola aliran**

Pada sudden contraction (diameter 64mm ke32mm) pola aliran awal yang terbentuk adalah pola aliran *bubble*, *bubble* diperoleh apabila debit air yang dipompakan lebih besar dibandingkan injeksi debit udara, namun jika debit udara lebih besar maka akan terjadi aliran *slug*, semakin besar debit udara yang di injeksikan *slug* akan memanjang dan membesar. Dampak yang dapat ditimbulkan aliran *bubble* adalah *pressure drop* akan naik karena cairan lebih dominan terdeteksi pada titik pengukuran, sedangkan pada aliran *slug* apabila berada pada titik pengukuran maka *pressure drop* akan berkurang, jika titik pengukuran dilewati oleh cairan maka *pressure drop* akan kembali bertambah, terjadinya kenaikan dan penurunan *pressure drop* akibat perbedaan massa jenis.

Tabel 1. hubungan debit air konstan pada 0,2808liter/s dengan pola aliran

Q udara (liter/s)	x	α_h	ΔP eks	Pola aliran
0,0544	0.00022664	0.162384305	1066,18	<i>bubble</i>
0,1238	0.00051558	0.306105669	1026,25	<i>bubble</i>
0,1894	0.00078818	0.402832063	1011,19	<i>bubble</i>
0,2500	0.00103986	0.470954361	954,56	<i>slug</i>
0,3200	0.00133063	0.53259037	934,88	<i>slug</i>
0,3800	0.00157973	0.575028335	850,61	<i>slug</i>
0,4461	0.00185406	0.613676691	839,04	<i>slug</i>

Pola aliran terbentuk karena variasi debit udara dan air, aliran *bubble* terbentuk apabila debit air konstan pada 0,2808 liter/s dan udara bervariasi pada debit 0,0544-0,18944liter/s namun jika debit udara lebih ditingkatkan akan terbentuk aliran *slug*

Tabel 2. hubungan debit udara konstan pada 0,4461liter/s dengan pola aliran

Q air (liter/s)	x	α_h	ΔP eks	Pola aliran
0.0642	0.0108305	0.9035078	345.10	<i>slug</i>
0.0964	0.0071051	0.8595442	368.41	<i>slug</i>
0.1284	0.0050835	0.8137653	556.91	<i>slug</i>
0.1616	0.0038869	0.7694295	668.25	<i>slug</i>
0.2010	0.0031280	0.7285149	699.54	<i>slug</i>
0.2460	0.0025568	0.6867344	744.0	<i>slug</i>
0.2808	0.0022410	0.6576334	839.03	<i>slug</i>

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini:

- Dalam aliran dua fase terjadi penurunan dan peningkatan *pressure drop*. Apabila debit udara konstan dan air bervariasi akan menyebabkan volume air bertambah menyebabkan fraksi hampa (α_h) mengecil sehingga *pressure drop* akan meningkat, sebaliknya jika debit air konstan dan debit udara bervariasi maka volume udara yang bertambah menyebabkan fraksi hampa (α_h) bertambah sehingga *pressure drop* akan menurun
- Perubahan pola aliran yang terjadi tergantung variasi kenaikan debit udara dan air, untuk pola aliran *bubble* pada air konstan 0,2808 liter/s, pola aliran *bubble* terbentuk pada debit udara 0,0544-0,189 liter/s sedangkan untuk aliran *slug* terbentuk pada debit udara 0,25-0,4461 liter/s. Untuk debit udara konstan 0,4461 liter/s awalnya akan terjadi pola aliran *slug* yang besar, namun saat debit air mengalami peningkatan *slug* udara yang besar akan perlahan mengecil
- Dampak yang dapat ditimbulkan aliran *bubble* adalah *pressure drop* akan naik karena volume air yang bertambah sehingga cairan lebih dominan terdeteksi pada titik pengukuran, sedangkan pada aliran *slug* apabila berada pada titik pengukuran maka *pressure drop* akan berkurang, jika titik pengukuran dilewati oleh cairan maka *pressure drop* akan kembali bertambah, terjadinya kenaikan dan penurunan *pressure drop* akibat perbedaan massa jenis

Daftar Pustaka

- Collier, J.G, 1977, *Single Phase and Two-Phase Flow Behaviour in Primary Circuit Components*, dalam Kakac (Ed), *Two Phase Flow and Heat Transfer*, Washington, Hemisphere Publishing Corporation
- Buku, A., 2007, *Penurunan Tekanan Aliran Gas-Cair Searah Keatas pada Daerah Slug-Churn Pipa dengan Perubahan Penampang Mendadak*, Tesis S2, Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Dekam, E.I. dan Calvert, J.R., 1988, *Pressure Losses in Sudden Transitions Between Square and Rectangular Ducts of the Same Cross-Sectional Area*, Int. J. Heat and Fluid, Flow Vol. 9, No 1.
- Koestoer, R.A., Proborini, S., 1982, *Aliran Dua Fase Dan Fluks Kalor Kritis*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Sihombing, R., 2008, *Karakteristik Aliran Gas Cair- Searah dan Berlawanan Arah Pada Perubahan Penampang Berpenampang Segi Empat Saluran Vertikal*. Tesis S-2, Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Two-Phase System for Industrial Design and Nuclear Engineering, Washington, Hemisphere Publishing Corporation.