

# Analysis of Pressure and Flow Patterns on Two-Phase (air-water) Flow in Horizontal Pipes with Scalloped Groove

Gufron Saiful Bachri<sup>1,2</sup>, Rudy Soenoko<sup>1</sup> dan Denny Widhiyanuriyawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Brawijaya, Malang

<sup>2</sup>Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

\*Corresponding author: gufron.bachri@yahoo.com

**Abstrak.** Permukaan beralur banyak diteliti untuk mengurangi *pressure drop* dan mengontrol suatu aliran pada permukaan. Pada aliran fluida yang secara aplikatif adalah turbulen, maka penambahan *groove* mampu mempengaruhi kondisi lapisan batas dekat dinding pipa. Hal ini sangat menentukan *pressure drop* serta pola aliran yang terjadi selama fluida mengalir. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh jumlah alur pada pipa terhadap *pressure drop* dan pola aliran yang terjadi. Dalam penelitian ini menggunakan 3 pipa dengan jumlah alur 4, 8, 16, serta pipa tanpa alur yang digunakan sebagai pembanding. Aliran yang di amati adalah aliran dua fase (air-udara). Dengan debit air 14, 16, 18, dan 20 liter/menit. Sedangkan debit udara 0,5, 1, 1,5, 2, dan 2,5 liter/menit. Pipa uji menggunakan pipa akrilik dengan diameter 1 inch dan Panjang 100cm dengan alur yang digunakan adalah jenis *scalloped groove*. Pipa akrilik memberikan visualisasi yang terjadi dalam aliran, yang difoto dengan kamera berkecepatan tinggi. Sedangkan *signal pressure* digitallisasi dengan *data logger* dan direkam pada memori computer. Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa jumlah alur mempengaruhi *pressure drop*. *Pressure drop* terjadi pada semua groove baik 4, 8 dan 16. Penurunan *pressure drop* tertinggi terjadi pada groove 16. Saat terjadi penurunan *pressure drop* pada tiap-tiap groove, pada debit udara rendah bubbly yang terbentuk lebih rapat tanpa timbul slug flow. Ketika debit udara semakin besar, bubbly berkurang dan diikuti oleh timbulnya slug flow. Perubahan kenaikan debit air pada penurunan *pressure drop* tiap-tiap groove, menunjukkan kerapatan antara bubbly dan slug flow yang terbentuk. Maka semakin turun *pressure drop*, ekor slug diikuti oleh bubbly yang semakin rapat. Dapat disimpulkan bahwa *scalloped groove* pada pipa mempengaruhi penurunan *pressure drop* dan pola aliran yang terjadi.

**Kata kunci:** Two Phase Flow, Air-Water, Horizontal pipes, Groove, Slug Flow.

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

---

## Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari aliran fluida yang terjadi di dalam perpipaan tidak hanya berupa aliran satu fase saja, akan tetapi juga sering terjadi aliran multifase. Aliran multifase adalah aliran yang fasanya terdiri dari padat, cair dan gas yang saling berinteraksi. Contoh pengaplikasian pada aliran multifase diantaranya adalah sistem tenaga, sistem perpindahan panas, sistem pelumasan, maupun sistem biologi. Aliran multifase bisa berupa aliran dua fase ataupun aliran tiga fase. Pada aliran dua fase sendiri adalah aliran yang terdiri dari dua fase berbeda, salah satunya adalah aliran dua fase udara-air.

Fluida yang mengalir melalui sebuah saluran dengan panjang tertentu mengalami suatu hambatan. kerugian energi berupa penurunan tekanan (*pressure drop*) yang disebabkan oleh mayor *losses* akibat dari gesekan sepanjang dinding pipa maupun minor *losses* akibat perubahan bentuk

dari saluran dan juga tergantung berdasarkan koefisien gesek pipa tersebut

Hambatan yang dihubungkan dengan energi yang digunakan untuk menggerakkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain sering disebut *pressure drag*. Di alam terdapat bentuk dan cara untuk mengurangi drag pada aliran fluida, dibuktikan dengan efisiensi pada pergerakan ikan lumba-lumba dan hiu. Struktur kulit memudahkan hiu untuk berenang dengan mengurangi drag saat melewati air. Lapisan dalam skala kecil yang melindungi kulit hiu disebut dengan dermal denticle (skin teeth), yang memiliki bentuk mirip dengan alur kecil. Bentuk lapisan kulit ini yang kemudian mulai banyak dimanfaatkan dalam kehidupan manusia.

Alur groove adalah bentuk longitudinal sepanjang searah streamwise yang berfungsi untuk mengurangi drag dengan cara mengubah *near wall flow structure* pada sebuah bentuk. Teknik control aliran untuk pengurangan drag ini sangatlah penting dalam aplikasi engineering.

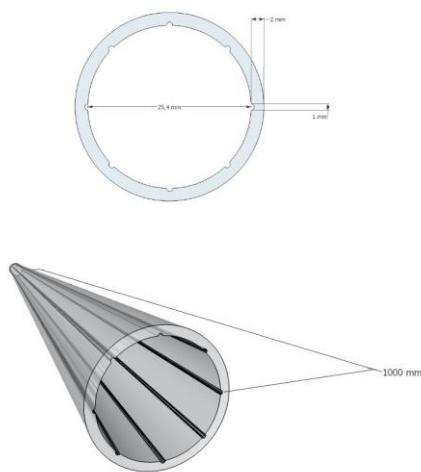
Grüneberger and Hage, (2011), Fungsi groove adalah memberikan penundaan transisi ke turbulen dari lapisan batas laminar disebabkan interaksi antara alur longitudinal dengan *hairpin vortices* untuk memperlambat pertumbuhannya (Choi, 2000). Pengoptimisasian pengurangan drag dapat dilakukan dengan memaksimalkan *protrusion height* dari alur untuk aliran longitudinal dan *cross flow*. Pengukuran shear stress secara langsung pada alur dengan *trapezoidal grooves* sejajar dengan arah aliran fluida pada *fully developed turbulent channel flow* menghasilkan penurunan drag sebesar 7.6% pada *dimensionless spacing*  $s^+ = 0.3 - 24$ .

Sunu et.al., (2016) Penelitian pada internal flow dengan menggunakan fluida air yang dilakukan pada pipa beralur dengan diameter 2,6 cm dan panjang 100 cm, pada pipa dengan *rectangular groove* (alur 2, 8, 12, 32) terjadi penurunan drag, friction, kecepatan radial, skewness factor bernilai positif, diameter vortex lebih besar dari lebar alur dan fluida tidak mengalami perputaran selama mengalir dari upstream ke downstream.

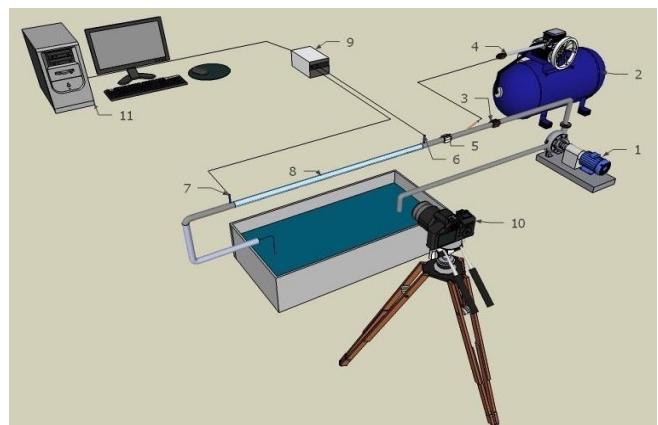
Dari uraian tersebut dan melihat pentingnya penelitian aliran dua fase pada pipa *groove*, maka dilakukanlah penelitian aliran dua fase melalui pipa horizontal dengan *groove* pada sepanjang aliran pipa. Jenis *groove* yang digunakan adalah *scalloped groove*.

### Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental yaitu melakukan pengukuran langsung dan tak langsung.



**Gambar 1.** Bentuk pipa dengan *scalloped groove*



**Gambar 2.** Instalasi Penelitian

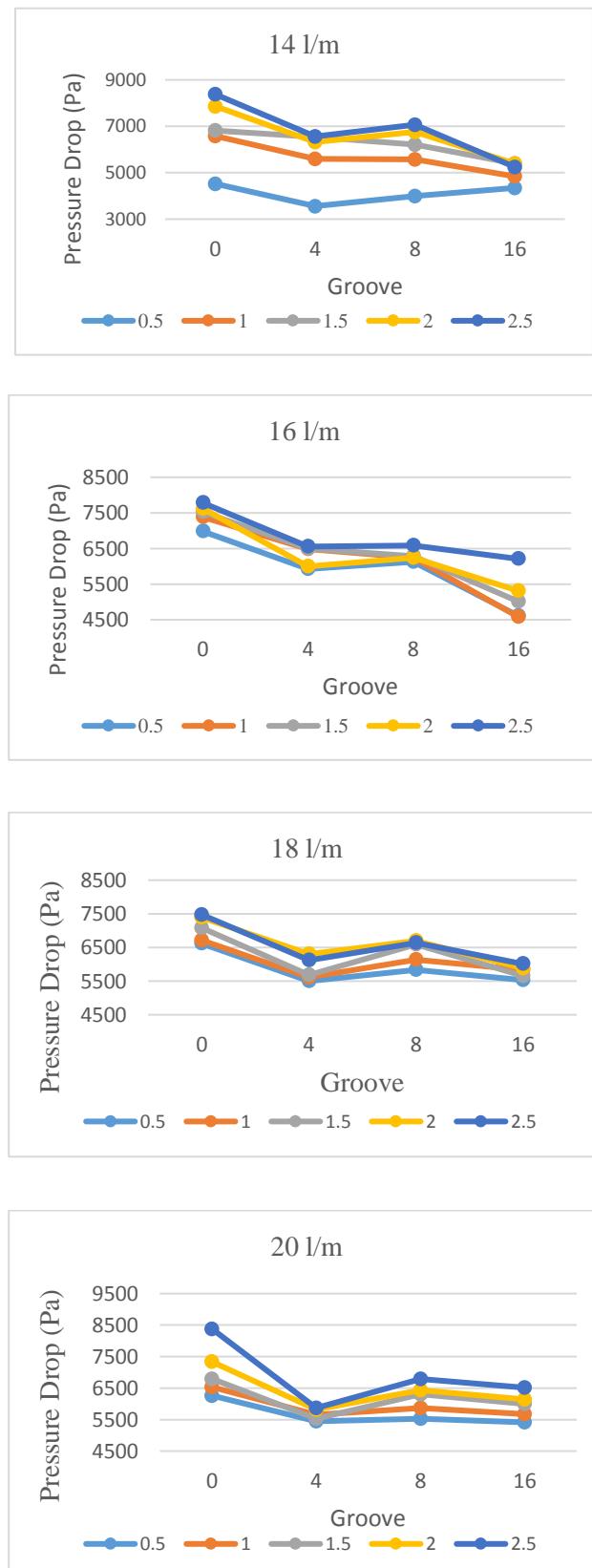
Peralatan yang digunakan seperti ditunjukkan oleh gambar 1. Aliran air di alirkan oleh pompa (1), dan udara oleh kompresor (2). Seksi pipa uji (8) menggunakan pipa posisi model horizontal dengan panjang 100cm, diameter 1 inch, *model scalloped groove*. Bahan pipa menggunakan pipa *acrylic* agar prilaku aliran dapat diamati. Debit aliran air dan udara diukur menggunakan *flow meter* (3 dan 4) kedua aliran (udara-air) bercampur pada mixer (5). Sebelum melewati seksi uji (8), data tekanan didapat melalui *pressure sensor* (7 dan 8). Data signal dari *pressure sensor* ditangkap oleh *data logger* (9). Kemudian dikirim ke komputer (11). Visualisasi pola aliran ditangkap melalui *High speed camera* (10).

Eksperimen akan dilakukan dengan variasi debit air 14, 16, 18 dan 20 liter/menit. Sedangkan variasi debit udara 0,5, 1, 1,5, 2, dan 2,5 liter/menit.

Air sebagai fase cair pada aliran dua fase disuplai dengan pompa dan udara disuplai dengan kompresor. Air dari tangki input dan diatur laju alirannya menggunakan *by-pass* dan kemudian laju aliran diukur menggunakan *flow meter*. Udara juga diukur laju aliran menggunakan katup berdasarkan nilai dari *flow meter*. Kedua aliran tersebut bercampur pada *mixer*. Kedua aliran membentuk aliran dua fase yang memalui seksi pipa uji. Data tekanan ditangkap oleh *pressure sensor* pada sisi *inlet* dan *outlet* pipa. Data tekanan diukur perdetik selama 1 menit oleh data logger. Aliran air kemudian kembali ke tangki input, sehingga membentuk siklus. Hasil pengamatan ditangkap melalui kamera berkecepatan tinggi pada sisi tengah pipa uji.

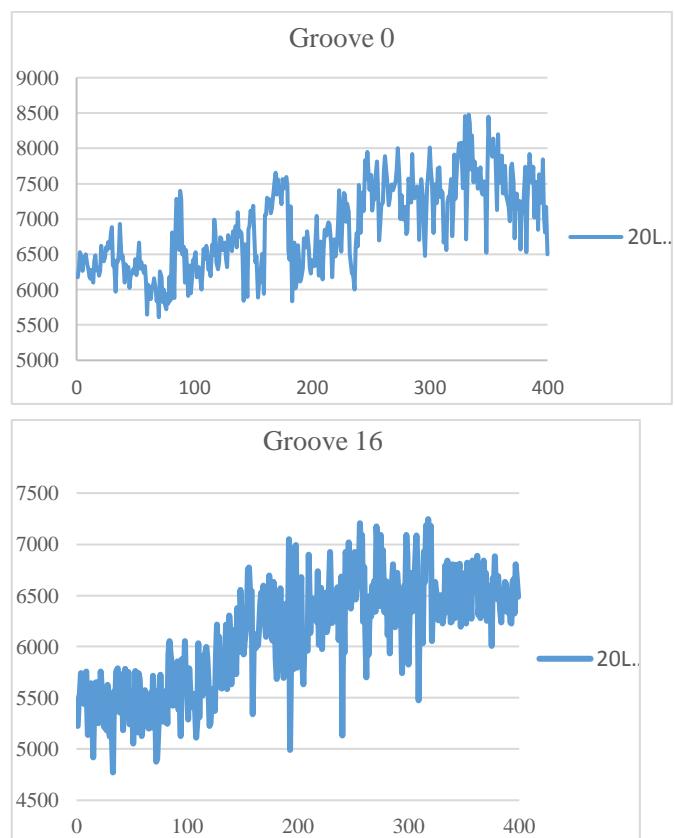
## Hasil dan Pembahasan

Data pressure digambarkan berupa grafik rata-rata *pressure drop* pada setiap alur. Data tersebut dikelompokkan berdasarkan pada debit 14, 16, 18, dan 20 liter/menit.



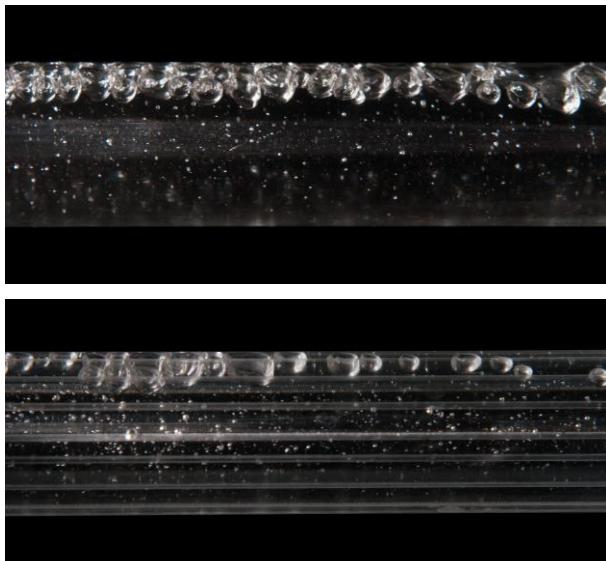
**Gambar 3.** Data Pressure Pada Tiap Aliran

Pada gambar 3 pipa dengan alur 0, 4, 8 dan 16 secara jelas menunjukkan nilai penurunan pressure drop. Pada tiap-tiap debit, peranan groove mampu mengurangi pressure drop yang terjadi. Pada debit air 14 dan 16 liter/menit, nilai pressure drop tertinggi terjadi pada groove 16, diikuti groove 4 kemudian 8. Pada debit 18 dan 20 liter/menit nilai penurunan pressure drop tertinggi terjadi pada groove 4 dan di ikuti groove 16 kemudian 8. Semakin tinggi debit air dalam pipa, semakin turun nilai pressure drop pada titik groove 4, dan di ikuti naiknya pressure drop pada groove 16.



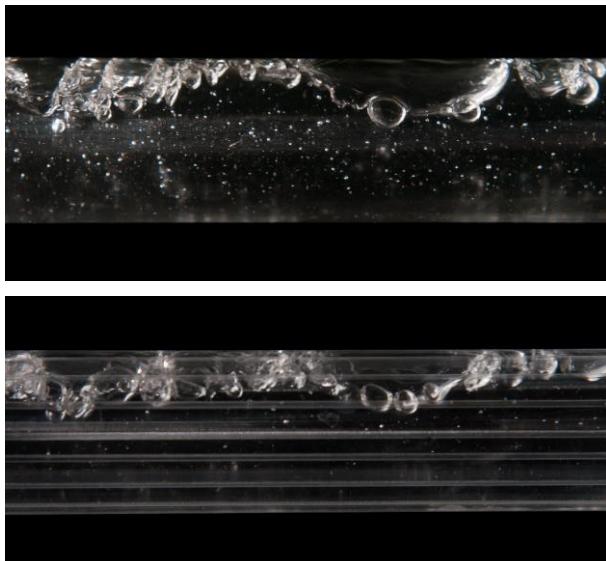
**Gambar 4.** Data signal Pressure drop pada debit 20 l/menit dikondisi groove 0 dan 16.

Pada gambar 4 dijelaskan tentang pressure drop sebagai fungsi nilai data signal fluktuasi. Terlihat pada gambar bahwa naiknya groove mampu meredam niali fluktuasi getaran pada aliran. Dibuktikan dengan pada groove 0, getaran lebih acak serta kerenggangan pada garis signal. Sedangkan pada groove 16, garis signal terlihat lebih rapat dan di ikuti dengan fluktuasi yang lebih rendah.



**Gambar 5.** Pola aliran pada debit 20 l/menit dikondisi udara 0.5 l/menit groove 0 dan 16

Gambar 5 menunjukkan pola aliran antara groove 0 dengan groove 16. Dimana terlihat pada groove 0 dan groove 16, bentuk aliran yang timbul hanyalah bubbly. Bubbly pada groove 0 memiliki struktur bubbly yang lebih memisah dengan bubbly yang lain. Sedangkan pada groove 16, memiliki struktur bubbly yang menyatu dan rapat. Hal ini akibat pengaruh bubbly sebagai fungsi pengarah menyatunya bubbly yang nantinya membentuk slug flow.



**Gambar 6.** Pola aliran pada debit 20 l/menit dikondisi udara 2.5 l/menit groove 0 dan 16.

Gambar 6 pada debit udara tertinggi 2.5 l/m. Terlihat pada gambar terjadi adanya bubbly dan slug. Bentuk slug cenderung oval dengan diameter hampir 40% dari pipa. Dengan bubbly yang rapat namun terlihat gumpalan-gumpalan kecil. Sedangkan pada groove 16, bentuk bubbly lebih menyatu dengan gumpalan yang

lekas memudar. Pada slug sendiri, diameter lebih kecil dibanding dengan groove 0. Serta timbulnya slug kecil akibat berkumpulnya beberapa bubbly dibelakang slug utama. Dengan adanya groove mampu menakomodasi bentuk slug besar untuk memecahnya, karena slug sendiri menciptakan kekuatan besar untuk merubah arah pada belokan pipa.

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Terjadi penurunan *pressure drop* pada semua groove 4,8 dan 16. Semakin besar *groove* maka bentuk *bubbly* dan *slug* semakin padat, serta ukuran *slug flow* yang terjadi semakin kecil.
2. *Pressure drop* aliran dua fase melalui *scalloped groove* berbanding lurus dengan fluktuasi pressure yang terjadi. Dimana nilai fluktuasi semakin kecil.

### Penghargaan

Menyampaikan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc. Universitas Brawijaya Malang.
2. Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT. Universitas Brawijaya Malang

### Referensi

- [1] Sunu, et al., 2016. Turbulent Flow Characteristics in Internally Grooved Pipe. Australian Journal of Basic and Applied Sciences
- [2] Brean Dean. and Bharat Bhusan., 2010. Shark-skin surfaces for fluid-drag reduction in turbulent flow: a review, The Journal Royal Society. USA
- [3] Baloutaki, M.A., R. Carriveau, D.S.K. Ting, 2013. Effect of Free-stream Turbulence on Flow Characteristics Over a Transversely-Grooved Surface. Experimental Thermal and Fluid Science, 51: 56-70.
- [4] Aroonrat, K., C. Jumpholkul, R. Leelaprachakul, A.S. Dalkilic, O. Mahian, S. Wongwises, 2013. Heat Transfer and Single-Phase Flow in Internally Grooved Tube. International Communication in Heat and Mass Transfer, 42: 62-68.
- [5] Shan Huang, 2011. VIV Suppression Of A Two Degree Of Freedom Circular Cylinder And Drag Reduction Of A Fix Circular Cylinder By The Use Of Helical Grooves. Journal of Fluids and Structures, 27: 1124-

1133.

- [6] Hongwei, M.A., T.I.A.N. Qiao and W.U. Hui, 2005. Experimental Study Of Turbulent Boundary Layers On Groove/Smooth Flat Surfaces. *J. of Thermal Science*, 14(3): 93-97.
- [7] Litvinenko, Y.A., V.G. Chernoray, V.V. Kozlov, L. Loefdahl, G.R. Grek, H.H. Chun, 2006. The Influence Of Riblets On The Development Of A Structure And Its Transformation Into A Turbulent Spot. *Doklady Physics*, 51(3): 144-147. doi: 10.1134/s1028335806030128.
- [8] Setyarini Putu Hadi, et al., 2003. Pengaruh Jumlah Alur Memanjang Terhadap Beda Tekanan Dan Koefisien Gesek Pada Pipa Horizontal.