

# PENGURANGAN INTENSITAS FLUKTUASI TEKANAN PADA PEMBESARAN MENDADAK ALIRAN UDARA – AIR SEARAH HORIZONTAL DENGAN PENEMPATAN RING

Mustakim<sup>1</sup>, Indarto<sup>2</sup>, Purnomo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Tanjungbalai  
Sei Raja Kel. Sei Raj Kec. Sei Tualang Raso - Tanjungbalai

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,  
Jalan Grafika No.2 Yogyakarta, Indonesia. Tel dan Fax: (+62) 274 521 673.

Email : [Mustakim\\_ok@yahoo.com](mailto:Mustakim_ok@yahoo.com)

Email : [Indarto@ugm.ac.id](mailto:Indarto@ugm.ac.id)

Email : [purnomo\\_123@yahoo.com](mailto:purnomo_123@yahoo.com)

## Abstract

*This research aims to reduce the effect of pressure fluctuations intensity on the sudden expansion of two phase flow of air - water in the same direction with the horizontal placement of the ring. Measurements done by installing a differential pressure transducer device that is placed on pressure points before and after sudden expansion. Output voltage signal recorded by a digital storage oscilloscope. Tests conducted on water discharge  $0.000038 \text{ m}^3 / \text{s}$ ;  $0.000078 \text{ m}^3 / \text{s}$ ;  $0.000116 \text{ m}^3 / \text{s}$ ;  $0.000154 \text{ m}^3 / \text{s}$ ;  $0.000198 \text{ m}^3 / \text{s}$ ;  $0.000244 \text{ m}^3 / \text{s}$ ;  $0.000284 \text{ m}^3 / \text{s}$  and air flow  $0.000065 \text{ m}^3 / \text{s}$ ;  $0.00013 \text{ m}^3 / \text{s}$ ;  $0.000195 \text{ m}^3 / \text{s}$ ;  $0.000255 \text{ m}^3 / \text{s}$ ;  $0.00032 \text{ m}^3 / \text{s}$ ;  $0.000385 \text{ m}^3 / \text{s}$ ;  $0.00045 \text{ m}^3 / \text{s}$ . Results showed that if the total mass flow rate increases the pressure drop increases. Installation of the ring can reduce the pressure fluctuations intensity, the most effective installation of the ring using the ring the same diameter. Flow path is generally slug and plug flow pattern.*

**Keywords:** *gas-liquid flow, sudden expansion, pressure drop, pressure fluctuations intensity*

## Pendahuluan

Fase merupakan salah satu kondisi suatu zat dan dapat berupa padat, cair dan gas. Persoalan dua fase sudah menjadi sangat penting dalam perancangan dan teknologi keteknikan. Fenomena pembesaran mendadak dapat di jumpai pada aliran yang melalui perpipaan pada peralatan – peralatan industri seperti pada boiler, reaktor nuklir, *heat exchanger*, 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 komponen lain seperti belokan pipa, siku, katup, pengecilan saluran dan pembesaran saluran dan kombinasi saluran. Karakteristik aliran pada pembesaran dipengaruhi oleh faktor geometri ( bentuk penampang saluran, ukuran saluran, kekasaran dinding saluran), sifat fluida ( viskositas,

massa jenis, tegangan permukaan), dan laju aliran fluida yang mengalir. Pada pembesaran mendadak, aliran vorteks sering dijumpai pada dinding pembesaran yang secara signifikan akan berdampak terhadap karakteristik aliran. Penempatan posisi ring sesudah pembesaran merupakan sebuah metode yang sederhana untuk mengurangi hambatan aliran. Ring tersebut secara efektif dapat berfungsi meredam aliran vorteks, serta mengurangi penurunan tekanan dan fluktuasi tekanan (pressure fluctuations) yang terjadi pada daerah seksi uji ( Voutsinas, 2005 ). Dari penelitian ini diharapkan dengan penempatan ring dapat mengurangi intensitas fluktuasi tekanan pada pembesaran mendadak aliran air dan udara searah horisontal.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan:

1. Melakukan pengukuran penurunan tekanan yang terjadi pada pembesaran mendadak sebelum dan sesudah penempatan ring (obstacle) untuk diameter ring sama dan

- berbeda (*step ring* diameter 36 mm dan ring 51,2mm)
2. Melakukan visualisasi pola aliran pada pembesaran
  3. Mengamati pengaruh fluktuasi tekanan sebelum dan sesudah penempatan ring pada pembesaran mendadak dengan diameter ring yang berbeda (*step ring* diamatarnya 36 mm dan ring 51,2 mm) .
  4. Mendapatkan nilai presentase pengurangan intensitas fluktuasi tekanan sebelum dan sesudah penempatan ring pada pembesaran mendadak dengan diameter ring yang berbeda (*step ring* diamatarnya 36 mm dan ring 51,2 mm)

### Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang aliran dua fase gas-cair melalui pengecilan saluran secara mendadak pada penampang segi empat horisontal dengan variasi kontraksi 0,8; 0,6 dan 0,4 telah dilakukan oleh Sumarli . Dari hasil penelitian diperoleh bahwa penurunan tekanan bertambah besar pada saat fluks massa total (G) dan kualitas gas (x) yang lebih besar (Sumarli, 2000).

Penelitian mengenai aliran dua fasa air-udara melewati pembesaran saluran secara mendadak pada pipa bulat telah dilakukan oleh Sarjito (2002). Perbandingan antara outlet dan inlet masing-masing 1,5:1 ; 2:1 ; 2,5:1. Dari hasil pengukuran dan perhitungan memperlihatkan bahwa penurunan tekanan meningkat dengan kenaikan fluks massa (G) dan kualitas gas (x).

Voutsinas dkk (2005) menganalisis fluktuasi tekanan dengan menggunakan *fast fourier transform* (FFT) untuk mencari intensitas fluktuasi tekanan, dengan variasi posisi ring pada  $L_r/H = 1 \div 2$  pada kondisi aliran  $Re = 2 \times 10^4$  dan  $\alpha_v = 5\%$  dengan  $A = 0,18$ . Pengaruh ring menunjukkan penurunan nilai PSD, ring dipasang pada  $L_r/H = 1$  menunjukkan penurunan maksimum. Fluktuasi yang dominan pada frekuensi sekitar  $f = 2$  Hz dengan laju reduksi intensitas fluktuasi tekanan 58% dari laju maksimum.

Voutsinas dkk (2008) menganalisa fluktuasi tekanan dengan menggunakan *fast fourier transform* (FFT) untuk mencari

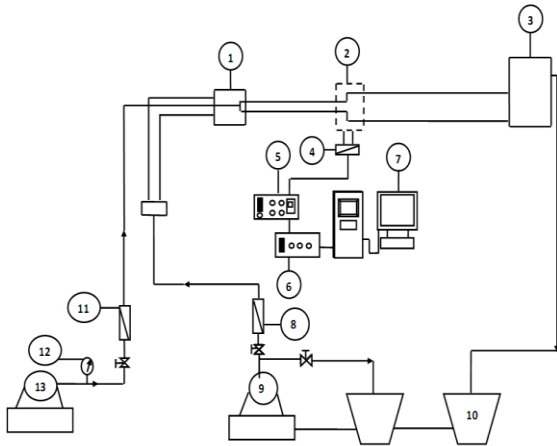
intensitas fluktuasi tekanan dengan variasi posisi ring pada  $L_r/H = 3$  pada kondisi aliran  $Re = 1 \times 10^4$  dan  $\alpha_v = 5\%$  dengan  $A = 0,18$ . Pengaruh ring menunjukkan penurunan nilai PSD, ring dipasang pada  $L_r/H = 3$  menunjukkan penurunan maksimum, fluktuasi yang dominan pada frekuensi sekitar  $f = 1$  Hz dan 5 Hz dengan laju reduksi intensitas fluktuasi tekanan 71% dan 69 % dari laju maksimum. Penempatan ring akan membuat aliran lebih stabil, yang akan mengurangi intensitas fluktuasi tekanan.

Ing young chen dkk (2008) melakukan penelitian perubahan tekanan aliran dua fase pada pembesaran mendadak melewati saluran berpori segi empat searah horisontal dengan menggunakan fluida air dan udara, dengan Variasi pori 2 x 4, 2 x 6, 4 x 4, dan 4 x 6. Dari hasil penelitian di peroleh bahwa penurunan tekanan bertambah besar pada saat fluks massa total (G) dan kualitas (x) meningkat.

### Metodologi Penelitian

Susunan alat percobaan yang digunakan pada eksperimen terlihat pada gambar 1. Pada penelitian ini digunakan pipa *acrylic*, dengan diameter 32 mm dan 64 mm. Debit air yang di pakai  $0,000038 \text{ m}^3/\text{s}$  –  $0,000284 \text{ m}^3/\text{s}$  dan debit udara  $0,000065 \text{ m}^3/\text{s}$  –  $0,00045 \text{ m}^3/\text{s}$ . Penelitian dilakukan dengan tiga variasi pengukuran dan analisa, antara lain pengukuran pembesaran mendadak tanpa penempatan ring, pengukuran pembesaran mendadak sebelum dan sesudah penempatan ring ( obstacle) dengan diameter sama (*step ring* diameter 51,2mm dan ring 51,2mm) dan pengukuran pembesaran mendadak sebelum dan sesudah penempatan ring ( obstacle) untuk diameter berbeda (*step ring* diameter 36 mm dan ring 51,2mm). Nilai penurunan tekanan di ukur dengan menggunakan *differential pressure tranduser* (DPT) dan di rekam menggunakan *USB Digital Storage Oscilloscope*. Fluktuasi tekanan di analisa menggunakan *Fast Fourier Transform (FFT)* untuk mengetahui intensitas fluktuasi tekanannya. Dari analisa akan didapatkan nilai intensitas fluktuasi tekanan yang paling tinggi dalam bentuk *power spectrum density*. Untuk

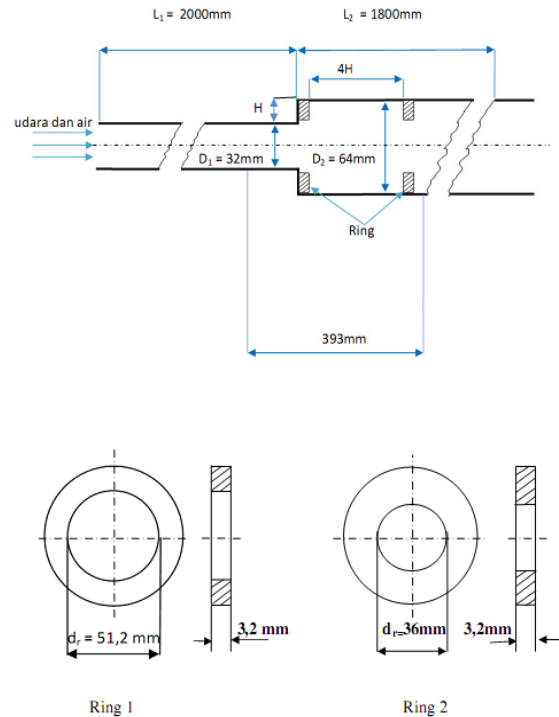
mengetahui pola aliran pada penelitian dilakukan visualisasi dengan pemotretan pola aliran, mengguna kamera Canon eos 1000d, dengan variasi fraksi hampa yang berbeda. Dengan didapatkan pola aliran maka dapat dianalisa seberapa besar pengaruh pola aliran terhadap intensitas fluktuasi.



Keterangan :

1. Inlet
2. Seksi Uji
3. Outlet
4. Pressure Transducer
5. Amplifier
6. USB Digital Storage Oscilloscope
7. Komputer
8. Flowmeter air
9. Pompa Air
10. Bak Penampungan Air
11. Flowmeter Udara
12. Manometer
13. Kompresor

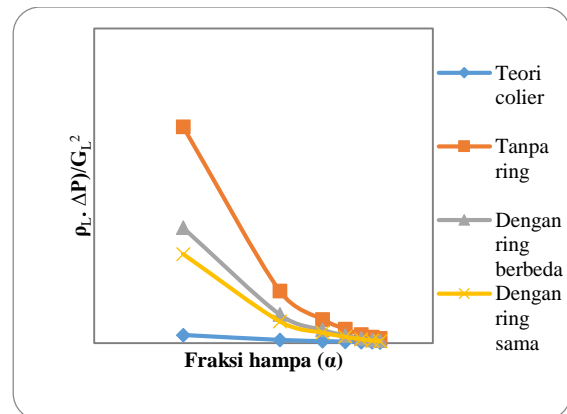
Gambar. 1. Instalasi Pengujian



Gambar 2. Seksi uji

## Hasil Dan Diskusi

### Penurunan Tekanan



Gambar 3.

Gratik perbandingan penurunan tekanan pembesaran mendadak diameter 32mm ke 64mm debit air 0.000038 m<sup>3</sup>/s terhadap fraksi hampa teori dan eksperimen

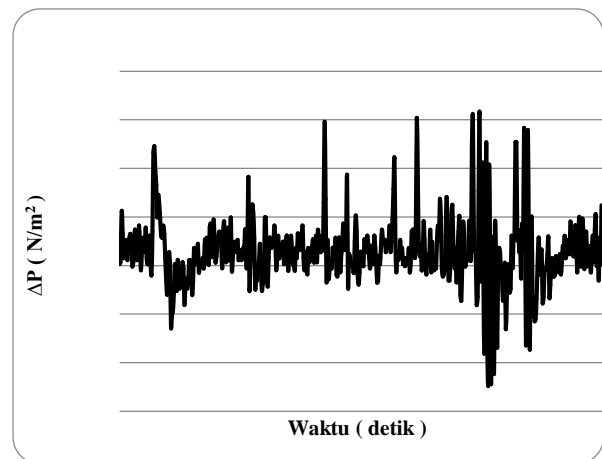
Gambar 3. memperlihatkan grafik perbandingan penurunan tekanan debit udara konstan 0.000065 m<sup>3</sup>/s teori dengan eksperimen pada debit udara konstan, dapat dilihat bahwa penurunan tekanan pada teori lebih besar bila dibandingkan dengan eksperimen, penempatan ring yang paling baik

adalah pada penempatan ring dengan diameter yang sama. Perbedaan antar grafik tanpa ring dengan penggunaan sangat terlihat jelas, sedangkan grafik antara pemasangan ring diameter sama dan berbeda terlihat bahwa penurunan tekanan dengan menggunakan ring sama lebih kecil. Ini diduga penempatan ring dengan diameter yang sama dapat meredam vortex yang terjadi pada sisi pembesaran dan ring yang kedua dapat memotong vortex menjadi lebih kecil, dengan pengurangan vortex ini

### **Fluktuasi Tekanan**

Gambar 4 merupakan fluktuasi tekanan yang terekam oleh *digital storage oscilloscope* pada debit air konstan  $0.000116 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit udara  $0.000385 \text{ m}^3/\text{s}$  tanpa menggunakan ring.

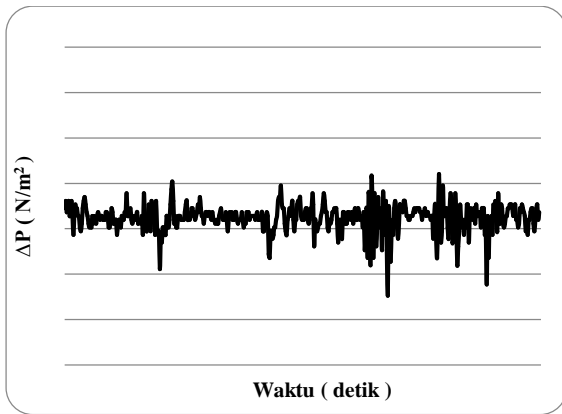
Fluktuasi tekanan sangat dipengaruhi oleh pola aliran. Pada pola aliran *plug* akan terjadi fluktuasi aliran yang lebih stabil dibandingkan dengan pola aliran *slug* ini, ini dipengaruhi oleh fraksi hampa yang membentuk pola aliran dan mempengaruhi bentuk dari fluktuasi tekanan. Dari gambar 4 dapat dilihat fluktuasi tekanan yang tinggi, ini diduga karena vortex yang terjadi karena pembesaran yang sangat tinggi dan pola aliran yang terbentuk, dimana pada sisi pembesaran mendadak terjadi aliran yang sangat acak yang disebabkan perubahan penampang dan fraksi hampa. Pada gambar ini terlihat fluktuasi tertinggi hampir mencapai  $14 \text{ N/m}^2$ . Besar kecilnya nilai fluktuasi yang terjadi dipengaruhi oleh pembacaan yang dilakukan oleh DPT (Differential Pressure Transducer) jika fraksi air yang terbaca oleh DPT maka nilai tekanannya akan tinggi dan sebaliknya jika fraksi gas yang terbaca oleh DPT maka tekanannya akan kecil.



Gambar 4.

Fluktuasi tekanan pada debit air konstan  $0.000116 \text{ m}^3/\text{s}$  dan debit udara  $0.000385 \text{ m}^3/\text{s}$  tanpa ring

Gambar 5 menunjukkan fluktuasi tekanan pada debit air konstan  $0.000116 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit udara  $0.000385 \text{ m}^3/\text{s}$  menggunakan ring berbeda. Hasilnya fluktuasi tekanan berkurang dibandingkan dengan tanpa ring dan dapat dilihat dari sinyal yang direkam *digital storage oscilloscope* setelah dipasang ring. Berkurangnya fluktuasi tekanan ini diduga karena ring berfungsi sebagai peredam tekanan aliran sehingga fluktuasi tekanan aliran berkurang, pemasangan ring 1 (step ring) berfungsi untuk mengurangi vortex yang berada pada dinding pembesaran, sedangkan ring ke dua berfungsi untuk memotong vortex setelah dinding pembesaran, sehingga vortex menjadi lebih kecil. Hal ini yang menyebabkan aliran lebih terarah dan halus, sehingga dengan berkurangnya fluktuasi ini maka penurunan tekanan juga akan berkurang.

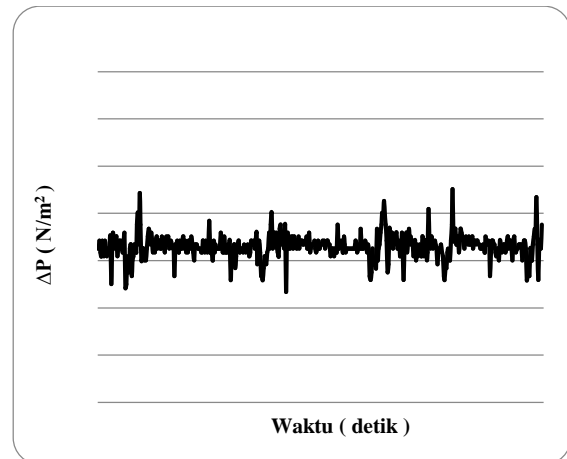


Gambar 5.

Fluktuasi tekanan pada debit air konstan  $0.000116 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit udara  $0.000385 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan menggunakan ring berbeda.

Pada gambar 6 menunjukkan Fluktuasi tekanan pada debit air konstan yaitu  $0.000116 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit udara  $0.000385 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan menggunakan ring sama. Terlihat bahwa fluktuasi tekanan jauh berkurang dibandingkan dengan tanpa ring dan menggunakan ring diameter berbeda.

Fluktuasi tekanan yang terjadi pada diameter ring sama lebih jauh berkurang. Berkurangnya fluktuasi tekanan ini diduga karena ring berfungsi sebagai peredam tekanan aliran sehingga fluktuasi tekanan aliran berkurang serta mengurangi aliran vorteks pada dinding ekspansi yang diakibatkan oleh perubahan penampang, sehingga merubah tekanan menjadi kecepatan dan aliran menjadi halus dan lebih stabil, hal ini dapat terjadi karna penempatan ring kedua pada  $4H$ , sesuai dengan diameter yang digunakan pada ring 1 maupun ring ke 2, dimana ketika aliran melewati ring pertama maka aliran yang membentuk vortex pada dinding expansion dapat diredam sehingga vortex yang terjadi lebih sedikit, sedangkan ring ke dua memotong vortex yang terjadi setelah dinding expansion. Penggunaan ring sama ini lebih baik karna panjang vortex yang terjadi pada dinding ekspansi lebih pendek bila dibandingkan dengan ring dengan diameter lebih kecil, jadi penempatan ring kedua mempunyai jarak pemotongan yang lebih baik.

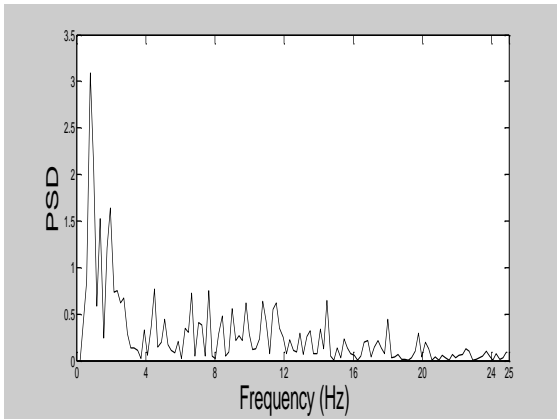


Gambar 6.

Fluktuasi tekanan pada debit air konstan  $0.000116 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit udara  $0.000385 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan menggunakan ring sama.

### *Spektrum Daya*

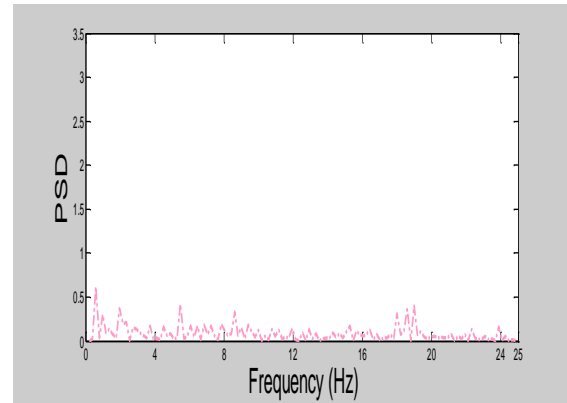
Gambar 7 menunjukkan nilai PSD dari fluktuasi tekanan pada debit air konstan  $0.000116 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit udara  $0.000385 \text{ m}^3/\text{s}$  tanpa ring. Nilai PSD yang relatif besar seperti terlihat pada gambar 7 diakibatkan karena amplitudo fluktuasi tekanan yang besar dan bergelombang sehingga penyimpangannya menjadi besar dari nilai tekanan rata-rata. Nilai PSD yang diperoleh adalah  $3,2 \text{ Pa}^2/\text{Hz}$ , apabila air terdeteksi pada titik pengukuran maka fluktuasi tekanan akan naik dan jika udara terdeteksi pada titik pengukuran maka fluktuasi tekanan akan berkurang, hal inilah yang menjadikan amplitudo fluktuasi tekanan menjadi besar, besar kecilnya fluktuasi tekanan yang terjadi dipengaruhi oleh fluks massa dan perbedaan massa jenis udara dan air yang secara langsung sangat mempengaruhi fraksi hampa dalam aliran.



Gambar 7.

PSD pada debit air 0.000116 m<sup>3</sup>/s dengan debit udara 0.000385 m<sup>3</sup>/s tanpa ring

Pada gambar 8 diperlihatkan nilai PSD dari fluktuasi tekanan yang menurun bila dibandingkan dengan tanpa ring, ini terjadi karena aliran lebih halus dan stabil karena ring berfungsi sebagai peredam tekanan aliran yang menyebabkan kecepatan aliran, fluktuasi tekanan aliran berkurang, mengurangi aliran vortex pada dinding ekspansi yang diakibatkan oleh perubahan penampang. Gambar 4.20 menunjukkan nilai PSD pada debit air konstan 0.000116 m<sup>3</sup>/s dengan debit udara 0.000385 m<sup>3</sup>/s menggunakan ring diameter berbeda didapatkan nilai PSD sebesar 0.65 Pa<sup>2</sup>/Hz. Dibandingkan sebelum dipasang ring nilai PSD nya mengalami penurunan. Dari grafik terlihat jelas nilai PSD yang lebih kecil dibandingkan tanpa menggunakan ring, hal ini terjadi akibat dampak penempatan ring, mengurangi vorteks yang terdapat pada dinding pembesaran. Pada gambar ini dapat dilihat bahwa nilai PSD hampir rata, ini dapat terjadi karena aliran lebih halus, yang mengakibatkan fluktuasi tekanannya hampir mendekati nilai rata – rata.

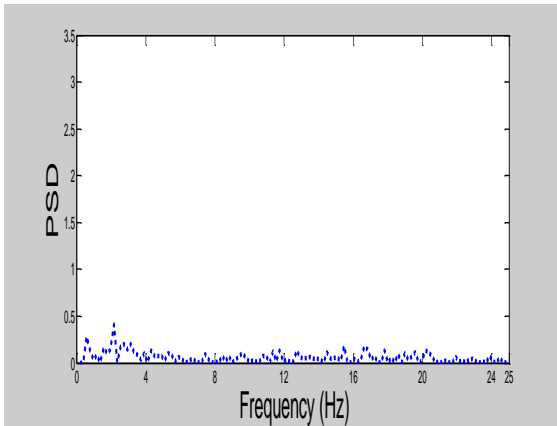


Gambar 8.

PSD pada debit air konstan 0.000116 m<sup>3</sup>/s dengan debit udara 0.000385 m<sup>3</sup>/s dengan ring diameter berbeda

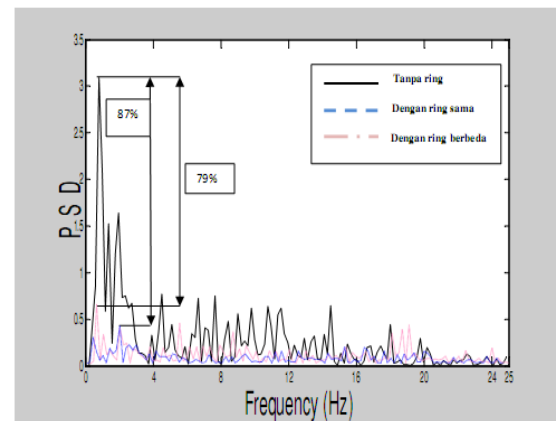
Pada kondisi menggunakan ring diameter sama, fluktuasi tekanan semakin berkurang dibandingkan dengan tanpa ring dan menggunakan ring diameter berbeda. Penempatan ring dengan diameter sama ini berdampak lebih baik dibanding dua hasil sebelumnya. Ring dengan diameter sama ini diduga dapat meredam lebih baik fluktuasi tekanan pada aliran sehingga fluktuasi tekanan aliran berkurang serta mengurangi aliran vortex pada dinding pembesaran yang diakibatkan oleh perubahan penampang. Gambar 9 menunjukkan nilai PSD dari fluktuasi tekanan pada debit air konstan 0.000116 m<sup>3</sup>/s dengan debit udara 0.000385 m<sup>3</sup>/s menggunakan ring diameter sama dimana nilai PSD yang diperoleh sebesar 0.4 Pa<sup>2</sup>/Hz. Dibandingkan sebelum tanpa ring dan menggunakan ring diameter sama, nilai PSD nya jauh mengalami penurunan.

Dari grafik terlihat jelas nilai PSD yang lebih kecil dibandingkan tanpa menggunakan ring dan menggunakan ring diameter berbeda. Hal ini terjadi akibat dampak penempatan ring dapat merubah tekanan menjadi kecepatan, mengurangi vorteks yang terdapat pada dinding pembesaran.



Gambar 9.

PSD pada debit air konstan  $0.000116 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit udara  $0.000385 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan ring diameter sama



Gambar 10.

Perbandingan PSD pada debit air konstan  $0.000116 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit udara  $0.000385 \text{ m}^3/\text{s}$  tanpa ring dan menggunakan ring

### **Reduksi Intensitas fluktuasi tekanan (%)**

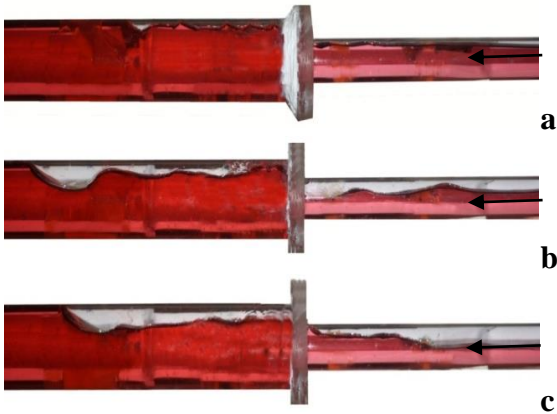
Penggunaan *Power Spektrum Density* digunakan untuk mengetahui dimana variasi frekuensi yang kuat dan dimana frekuensi yang lemah, metode ini digunakan untuk mempermudah penganalisaan dan untuk membandingkan nilai dari fluktuasi tekanan yang terjadi sebelum pemasangan ring maupun sesudah pemasangan ring.

Nilai reduksi fluktuasi tekanan diperoleh 79% dengan penempatan diameter ring yang berbeda dan 87% dengan diameter ring yang sama pada debit air konstan  $0.000116 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit udara  $0.000385 \text{ m}^3/\text{s}$ . Penurunan fluktuasi tekanan dalam hal ini dimungkinkan akibat pengaruh penempatan step ring diduga dapat berfungsi sebagai peredam aliran dan memperkecil terjadinya vortex pada dinding pembesaran, sedangkan penempatan ring kedua dimungkinkan dapat memotong vortex yang terjadi, walaupun dalam hal ini akan muncul vortex kedua yang disebabkan penempatan ring, tetapi ukuran vortex lebih kecil dari sebelum penempatan ring, hal ini juga berpengaruh terhadap penurunan tekanan.

Nilai dari reduksi fluktuasi tekanan ini merepresentasikan pengurangan intensitas fluktuasi tekanan dengan 79% dengan penempatan diameter ring yang berbeda dan 87% dengan diameter ring yang sama dan ini berarti aliran semakin halus

### **Pola Aliran**

Pemotretan yang dilakukan terhadap aliran dua fase gas – cair pada pembesaran mendadak kondisi debit air konstan. Pola aliran yang terbentuk pada awal adalah *plug* kemudian bila debit udara semakin meningkat maka akan membentuk alira *slug*, semakin besar udara yang di injeksikan aliran *slug* akan memanjang dan membesar. Pada penelitian ini didapatkan dua buah pola alira yaitu *slug* dan *plug*, tidak terjadi perubahan pola aliran saat aliran melewati pembesaran, hanya ketika melewati pembesaran aliran semakin acak, kondisi seperti ini yang membuat fluktuasi aliran meningkat. Gambar 11 memperlihatkan pola aliran yang terbentuk pada pola aliran pada debit air konstan  $0.000038 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit air (a)  $0.000065 \text{ m}^3/\text{s}$  (b)  $0.000195 \text{ m}^3/\text{s}$  (c)  $0.00032 \text{ m}^3/\text{s}$  tanpa ring



Gambar 11.

Visualisasi pola aliran pada debit air konstan  $0,000038 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit air (a)  $0,000065 \text{ m}^3/\text{s}$  (b)  $0,000195 \text{ m}^3/\text{s}$  (c)  $0,00032 \text{ m}^3/\text{s}$  tanpa ring

Tabel 1. Visualisasi pola aliran pada debit air konstan

$Q_g$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	DEBIT AIR KONSTAN ( $\text{m}^3/\text{s}$ )						
	0,000038	0,000078	0,000116	0,000154	0,000198	0,000244	0,000284
	Matrik Pengujian						
0,000065	plug	plug	plug	plug	plug	plug	plug
0,00013	slug	slug	slug	plug	plug	plug	plug
0,000195	slug	slug	slug	slug	slug	slug	slug
0,000255	slug	slug	slug	slug	slug	slug	slug
0,00032	slug	slug	slug	slug	slug	slug	slug
0,000385	slug	slug	slug	slug	slug	slug	slug
0,00045	slug	slug	slug	slug	slug	slug	slug

## Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah:

1. Penurunan tekanan akan meningkat pada saat laju aliran total ( $G$ ) dan Reynolds number ( $Re$ ) semakin diperbesar.
2. Pembentukan pola aliran diakibatkan adanya variasi dari debit udara dan air, tidak ada perubahan pola aliran setelah melewati pembesaran.
3. Fluktuasi tekanan akan menurun dengan pemasangan ring, penurunan terbesar dengan penempatan diameter ring sama.
4. Pengurangan intensitas fluktuasi tekanan diperoleh 79% dengan penempatan diameter ring yang

berbeda dan 87% dengan diameter ring yang sama pada debit air konstan  $0,000116 \text{ m}^3/\text{s}$  dan debit udara  $0,000385 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## Daftar Pustaka

- [I] Chen, I.Y., Tseng, C.Y., Lin Y.T., and Wang, C.C. (2008) *Two – Phase Flow Pressure Change Subject to Sudden Contraction in Small Rectangular Channels. International Journal of Multiphase Flow*, 32,1609 – 1615.
- [II] Sumarli. (2000) *Studi Aliran Dua Fase Gas-Cair Melewati Pengecilan Saluran Mendadak Penampang Segi Empat. Tesis S2, Jurusan teknik Mesin Universitas Gadjah Mada.*
- [III] Sarjito (2002) *Studi Aliran Dua-Fase Gas-Cair Melewati Perbesaran Saluran Secara Mendadak dengan Penampang Lingkaran. Tesis S2, Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada.*
- [IV] Voutsinas, A., Shakouchi, T., Tsujimoto, K. and Ando, T. (2006) *Flow and Control of Vertical Upward Gas-Liquid Two- Phase Flow Through Sudden Contraction Pipe. Jurnal of Fluid Science and Technology*, 4, 1000 – 1007
- [V] Voutsinas, A., Shakouchi, T., Tsujimoto, K. and Ando, T. (2008) *Fluctuating Phenomena and Flow Control of Bubbly Two-Phase Flow Through Sudden Expansion Pipe. Jurnal of Fluid Science and Technology*, 4, 84 – 94