

Pengaruh pemasangan mekanisme *dynamic vibration absorber (DVA)* terhadap reduksi respon getaran transversal pada pipa *elbow 90°*

Wiwiek Hendrowati¹, Aida Annisa Amin Daman¹

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111
Email korespondensi: wiwiek@me.its.ac.id

Abstrak

Getaran berlebihan ke arah transversal dapat terjadi akibat adanya tekanan pada fluida yang mengalir di dalam pipa. Hal ini sangat mengganggu sistem yang sedang beroperasi. Kajian ini menganalisa reduksi getaran dengan menggunakan DVA pada pipa elbow 90° dalam skala laboratorium, dengan simulasi software dan eksperimen. DVA tersusun dari ring mass – rubber beam - clamp yang dapat meredam getaran pada sistem utama ke arah translasi sumbu X dan Y. Pengamatan dilakukan pada variasi posisi peletakan DVA di Input, Bend dan Output dari pipa elbow 90° serta variasi rasio massa DVA terhadap sistem utama sebesar 1/10, 1/20 dan 1/30. Hasil eksperimen dan simulasi menunjukkan bahwa massa DVA yang dapat mereduksi getaran system utama secara optimal yaitu 1/10 dari massa system utama, namun untuk variasi posisi peletakan DVA menunjukkan hasil yang berbeda antara eksperimen dan simulasi. Pada hasil simulasi, reduksi getaran sebesar 95,63% terjadi dengan variasi peletakan DVA di Input dan Output. Sedangkan hasil eksperimen, didapatkan pemasangan DVA yang paling efektif pada posisi Input dan Bend arah Y pada pipa elbow 90° dengan rasio massa DVA sebesar 1/10 dari massa utama, dengan reduksi sebesar 56,3%. Hal ini disebabkan karena fluida yang masuk pada pipa elbow 90° akan membentur dinding pipa sehingga menimbulkan getaran yang tinggi. Sedangkan untuk rasio massa DVA 1/20, efektif meredam getaran jika diletakkan pada Bend pipa elbow 90° dengan reduksi sebesar 53,4%.

Kata kunci: Pipa elbow 90°, DVA, getaran transversal, posisi peletakan DVA, rasio massa DVA.

Abstract

The excessive transversal vibration in the pipe occurs as the effect of the pressure caused by fluid flow. This study analyzed the vibration reduction of a 90° elbow pipe using Dynamic Vibration Absorber (DVA). The research was conducted in a laboratory scale and used both experimental method and simulation method. DVA consisted of a ring mass, rubber beam, and clamp which could mitigate the main system's vibration toward the X-axis and Y-axis. The variables that were being varied were the position of DVA (located in the entry, in the bend, and in the exit of the elbow) and mass ratio of DVA to the main system (1/10, 1/20, and 1/30). Both experiment and simulation method showed that the largest vibration reduction of main system occurred when mass ratio of DVA was 1/10, on the other hand, the optimum position of DVA in the experiment method was different from the simulation method. In simulation method, the vibration reduction of 95.63% occurred when the DVA was applied in the entry of the elbow or in the exit of the elbow. Meanwhile, in experiment method, the largest reduction was only 56.3% and occurred when the position of DVA was in the entry of the elbow or right in the bend of the elbow towards Y-axis. This was induced by the impact of fluid flow when went through the bend of a 90° elbow pipe. Furthermore, the installation of DVA with mass ratio 1/20 can reduce the vibration as 53.4% when it was placed in the bend of the elbow.

Keywords: 90° elbow pipe, DVA, transversal vibration, position of DVA, mass ratio of DVA.

1. Pendahuluan

Jaringan perpipaan merupakan sistem transportasi fluida antar *equipment* dari suatu tempat ke tempat yang lain sehingga proses produksi industri dapat berlangsung. Aliran fluida di dalam pipa memberi tekanan yang dapat menimbulkan getaran transversal. Getaran dengan amplitudo yang besar sangat mengganggu sistem yang sedang beroperasi dan akan menyebabkan sistem menjadi *fatigue*. Getaran tersebut timbul karena adanya kesamaan frekuensi kerja fluida dengan frekuensi natural jaringan perpipaan. Untuk menanggulangi adanya getaran pada jaringan perpipaan dibutuhkan DVA (*Dynamic*

vibration absorber) yang mampu meredam getarannya. DVA yang terpasang pada sistem perpipaan tersusun dari massa dan *beam* untuk mereduksi respon getaran transversal.

Beberapa kajian telah dilakukan yang membahas tentang getaran pada jaringan perpipaan dan cara menanggulunginya. Pada kajian oleh Dai Qing [2], dan Keshtkar dkk [3], diteliti tentang getaran akibat aliran fluida *turbulent* yang melewati pipa elbow dan jaringan perpipaan [10]. Kajian ini dilakukan secara simulasi dan eksperimen yang bertujuan untuk melihat fenomena fluida yang melewati sebuah sistem perpipaan yang dapat menyebabkan getaran di dalam

pipa. Semua getaran yang terjadi di prediksi agar tidak menimbulkan kerusakan pada sistem perpipaan.

Kajian mengenai penggunaan *DVA* oleh Pachpute [4], yang digunakan untuk meredam suatu getaran juga telah dilakukan oleh Chang [1], yaitu untuk mereduksi getaran pada pipa. Kajian tersebut membahas tentang reduksi getaran yaitu *dynamic vibration absorber* pada pipa *elbow* di *compressor* dan dianalisis dengan *finite element* untuk memvalidasi efek reduksi getaran. Pada kajian ini digunakan desain *DVA* berupa *annular clamp* dan massa pegas diskrit. Hasil yang didapatkan pada kajian ini yaitu penambahan massa dan arah pemasangan *DVA* pada *annular clamp* dinilai dapat mereduksi getaran secara efektif terhadap sistem utama.

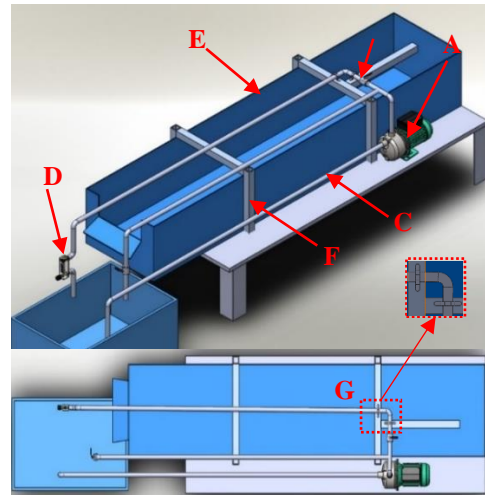
Pada kajian yang dilakukan Khot dkk, [7] dan Udeotok [9] membahas pengaruh berbagai parameter seperti diameter pipa, ketebalan dinding pipa, dan laju aliran volumetrik (debit) pada amplitudo getaran pipa pada pipa lurus untuk aliran turbulen. Investigasi dilakukan dengan analitik, eksperimental dan dengan metode simulasi untuk menemukan efek dari parameter-parameter ini pada getaran pipa. Teknik DOE digunakan untuk mengetahui efek dari masing-masing faktor yaitu diameter pipa, ketebalan dan debit pada amplitudo getaran.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka pada kajian ini dilakukan analisa reduksi getaran dengan menggunakan *DVA* pada pipa *elbow* 90° dalam skala laboratorium. Analisa ini dilakukan dengan simulasi yang menggunakan *software* Matlab Simulink dan eksperimen dari sistem terkait. *DVA* tersusun dari *ring mass-rubber beam-clamp* dapat meredam getaran pada sistem utama ke arah translasi sumbu x dan y. Respon getaran sistem utama diamati dengan melakukan variasi kecepatan *fluida* yaitu 0,3m/s ($Re = 12188$), 0,5m/s ($Re = 20312$) dan 0,7m/s ($Re = 28437$). Alasan pemakaian Re tersebut adalah bahwa ketiga nilai Re tersebut merupakan aliran *turbulent*. Frekuensi operasi diamati pada frekuensi yang sama dengan frekuensi natural sistem utama yaitu sebesar 276.64 rad/s. Pada kajian ini bertujuan untuk mendapatkan mekanisme *DVA* yang efektif dalam mereduksi getaran dengan memvariasikan posisi peletakan *DVA* di *Input*, *Bend* dan *Output* dari pipa *elbow* 90° serta rasio massa *DVA* terhadap sistem utama sebesar 1/10, 1/20 dan 1/30.

2. Metode

Simulasi

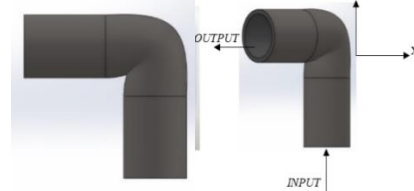
Rancangan sistem dalam kajian ini terdiri dari jaringan perpipaan dalam skala laboratorium dapat dilihat dalam Gambar 1. Pada jaringan perpipaan tersebut, terdapat pipa *elbow* 90° yang diamati reduksi getarannya. Analisa getaran dilakukan ke arah translasi untuk sumbu X dan Y terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Jaringan perpipaan yang dianalisa (pipa elbow 90°).

Keterangan:

- | | |
|----------------------|----------------------------------|
| A. Pompa Sentrifugal | E. Bak Air |
| B. Ball Valve | F. Penyangga |
| C. Pipa | G. Sistem Utama (pipa elbow 90°) |
| D. Flowmeter | |



Gambar 2. Sistem utama yang dianalisa (pipa elbow 90°).

Perancangan DVA

Pada kajian ini mekanisme yang dirancang merupakan *vibration absorber* untuk meredam getaran arah vertikal dan horizontal pada salah satu komponen sistem utama berupa pipa *elbow* 90°. *DVA* yang digunakan model *beam* dan massa seperti pada Gambar 3. *DVA* terdiri dari massa dan kantilever elastis. Massa divariasikan sebesar 1/10, 1/20 dan 1/30.

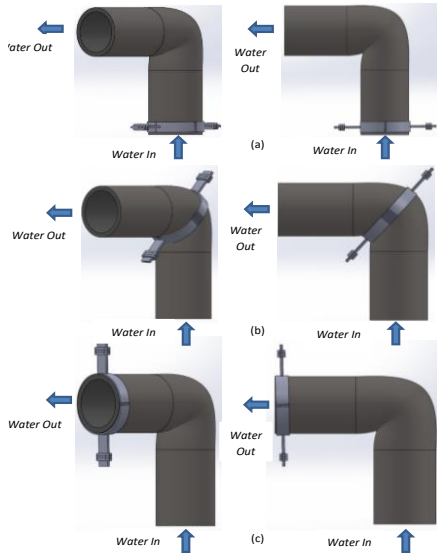


Gambar 3. Desain DVA untuk getaran arah X dan Y.

Variasi Pengujian

Kajian ini menganalisa respon reduksi getaran terhadap variasi peletakan *DVA* dan variasi kecepatan aliran *fluida* pada pipa *elbow* 90°. *DVA* dirancang dapat meredam getaran ke arah translasi sumbu X (horizontal) dan Y (vertikal). Penambahan *DVA* dilakukan pada pipa *elbow* 90° yang diletakkan pada sisi masukan (*Input*) dari pipa *elbow*, belokan (*Bend*)

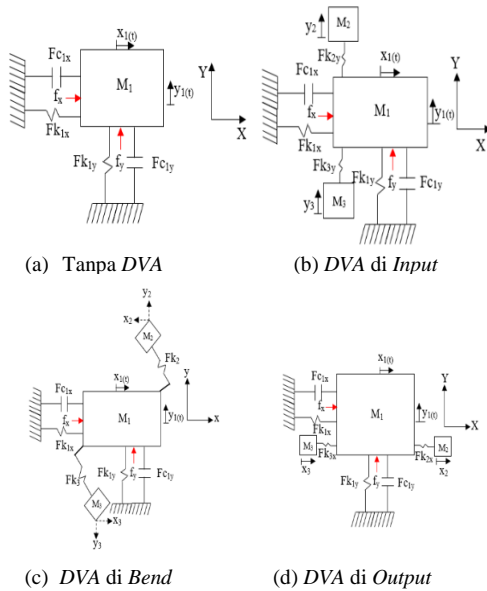
dari pipa *elbow* dan keluaran dari pipa *elbow* (*Output*), dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah.



Gambar 4. Posisi pemasangan DVA pada sistem utama pada (a) Input, (b) Bend, (c) Output.

Setiap variasi peletakkan DVA berjarak 40 mm dari titik *Bend*, ke arah Y(*Input*), ke arah X(*Output*) dan pada titik *Bend*. Untuk variasi kecepatan aliran *fluida* yang melewati sistem utama sebesar 0,3 m/s; 0,5 m/s; 0,7 m/s. Untuk variasi rasio massa DVA 1/10, 1/20, 1/30 massa sistem utama.

Pemodelan Dinamis



Gambar 5. Model dinamis sistem utama.

Dimana :

- M₁ : Massa utama
- M₂ : Massa DVA
- M₃ : Massa DVA
- F_x : Gaya eksitasi pada sistem utama sumbu x
- F_y : Gaya eksitasi pada sistem utama sumbu y
- k_{1x} : Konstanta pegas dari massa utama arah x
- k_{1y} : Konstanta pegas dari massa utama arah y
- k_{2y} : Konstanta pegas dari DVA arah y

- k_{3x} : Konstanta pegas dari DVA arah y
- k_{2x} : Konstanta pegas dari DVA arah x
- k_{3x} : Konstanta pegas dari DVA arah x
- c_{1x} : Konstanta *damping* massa utama arah x
- c_{1y} : Konstanta *damping* massa utama arah y
- x_{1(t)} : Perpindahan massa utama arah x
- x₂ : Perpindahan DVA arah x
- x₃ : Perpindahan DVA arah x
- y_{1(t)} : Perpindahan massa utama arah y
- y₂ : Perpindahan DVA arah y
- y₃ : Perpindahan DVA arah y

Persamaan matriks untuk getaran arah translasi arah sumbu y, ketika posisi DVA diletakkan pada *input* pipa *elbow* 90° berdasarkan model dinamis di atas adalah sebagai berikut.

$$\begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{y}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \ddot{y}_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{y}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{y}_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} k_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (k_1 + k_2 + k_3) & -k_2 & -k_3 \\ 0 & -k_2 & k_2 & 0 \\ 0 & -k_3 & 0 & k_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_x \\ f_y \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \tag{1}$$

Persamaan matriks untuk getaran arah translasi arah sumbu y, dan sumbu x, ketika posisi DVA di letakan pada *Bend* pipa *elbow* 90° berdasarkan model dinamis diatas adalah sebagai berikut.

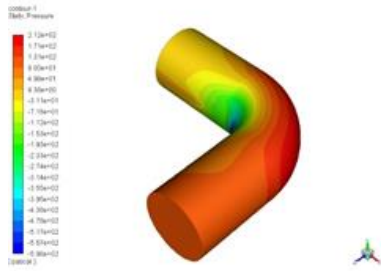
$$\begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \ddot{x}_3 \\ \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \\ \ddot{y}_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{y}_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} (k_1 + k_2 + k_3) & -k_2 \cos 45^\circ & -k_3 \cos 45^\circ & 0 & 0 & 0 \\ -k_2 & k_2 \cos 45^\circ & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -k_3 & 0 & k_3 \cos 45^\circ & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (k_1 + k_2 + k_3) & -k_2 \sin 45^\circ & -k_3 \sin 45^\circ \\ 0 & 0 & 0 & -k_2 \sin 45^\circ & k_2 \sin 45^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -k_3 \sin 45^\circ & 0 & k_3 \sin 45^\circ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_x \\ 0 \\ 0 \\ f_y \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \tag{2}$$

Persamaan matriks untuk getaran arah translasi arah sumbu x, ketika posisi DVA di letakan pada *Output* pipa *elbow* 90° berdasarkan model dinamis tersebut adalah sebagai berikut.

$$\begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \ddot{x}_3 \\ \ddot{y}_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{y}_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} (k_1 + k_2 + k_3) & -k_2 & -k_3 & 0 \\ -k_2 & k_2 & 0 & 0 \\ -k_3 & 0 & k_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & k_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ y_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_x \\ 0 \\ 0 \\ f_y \end{pmatrix} \tag{3}$$

Hasil Simulasi Ansys Fluent

Hasil simulasi dari *ansys fluent* dapat dilakukan *export fluent* sehingga didapatkan nilai dari gaya arah X dan gaya arah Y. Selanjutnya di pilihan *result* tersebut juga di dilakukan pengambilan koordinat *vector* yaitu dengan mengambil satu titik dari penampang *elbow* yang diinginkan diambil data gayanya, yaitu di *Input* dari pipa *elbow*, di *Bend* dari pipa *elbow* dan di *Output* dari pipa *elbow*. Gambar 6 merupakan hasil simulasi *ansys fluent* yaitu berupa *pressure countour*.



Gambar 6. Pressure countour pipa elbow pada saat kecepatan fluida 0.7 m/s.

Pada Tabel 1 merupakan hasil dari simulasi *ansys fluent*.

Tabel 1. Besar gaya pada posisi peletakan DVA pada tiap variasi kecepatan.

Kecepatan m/s	Gaya Pada Posisi Peletakan DVA (N)			
	Input (Fy)	Output (Fx)	Bend (Fy)	Bend (Fx)
0.3	7.30×10^{-6}	5.30×10^{-6}	2.31×10^{-1}	2.38×10^{-1}
0.5	8.00×10^{-6}	5.90×10^{-6}	2.31×10^{-1}	2.38×10^{-1}
0.7	9.40×10^{-6}	7.40×10^{-6}	2.32×10^{-1}	2.39×10^{-1}

Dari hasil simulasi yang dilakukan seperti pada Tabel 1 di atas, didapatkan bahwa gaya yang berada di *Bend* pipa elbow 90° lebih besar daripada di-*Input* dan *Output* pipa elbow 90°. Gaya yang dihasilkan di *Bend* pipa elbow 90° merupakan gaya terbesar pada kecepatan fluida 0,7 m/s. Meskipun pada saat kecepatan fluida 0,7 m/s memiliki nilai gaya terbesar, perubahan nilai gaya yang terjadi di setiap kenaikan kecepatan fluidanya tidak terlalu jauh. Hal ini disebabkan karena perbedaan kecepatan yang disimulasikan kecil sehingga gaya yang didapatkan juga tidak berbeda secara signifikan.

Eksperimen



(a) (b)

Gambar 7. Sistem Utama (a) tampak isometris dan (b)tampak atas.

Sistem utama yang digunakan dalam eksperimen ini adalah pipa elbow 90° yang dipasang horizontal dengan kedua ujungnya dipasang *clamp*. Pipa elbow 90° terbuat dari bahan PVC merk Rucika tipe AW dengan ukuran diameter 1 inchi. Gambar 7 berikut merupakan komponen sistem utama yang dianalisa pada kajian ini.

Dynamic Vibration Absorber (DVA)

Dynamic Vibration Absorber (DVA) yang digunakan dalam kajian ini terdiri atas pegas berupa *beam*. Massa pemberat *DVA* berupa *ring* karet pada rasio massa *DVA* 1/20 dan 1/30 dari massa sistem utama. Sedangkan untuk rasio massa *DVA* 1/10 dari massa utama, digunakan massa pemberat berupa koin sebesar 3,1 gram. Pegas *DVA* bermaterial *Polylactic acid (PLA)* dengan konstanta pegas 3500 N/m dan dimensi 61 mm x 20 mm x 2 mm, *clamp* bermaterial *Polylactic acid (PLA)* untuk memasang *beam DVA* dengan sistem utama. Gambar 8 di bawah ini merupakan komponen penyusun *DVA*.



(a) (b) (d)

Gambar 8. Komponen DVA, (a) rasio massa DVA 1/30, (b) rasio massa DVA 1/20, (c) rasio massa DVA 1/10.

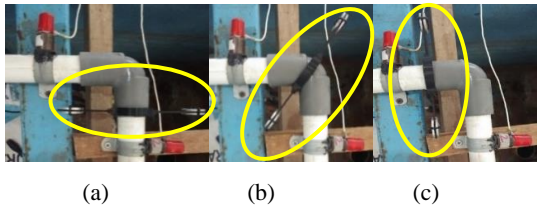
Pelaksanaan Eksperimen

Gambar 9 berikut merupakan pelaksanaan eksperimen pada jaringan perpipaan. *Probe accelerometer* diletakkan pada *clamp* besi pada sebelum dan sesudah pipa elbow 90° untuk menganalisa getaran di sistem utama ke arah horizontal dan vertikal. Terdapat 2 perlakuan yang diterapkan pada kajian ini yaitu sistem utama tanpa *DVA* dan sistem utama dengan *DVA*. Eksperimen pada sistem utama tanpa *DVA* dilakukan dengan memvariasikan kecepatan fluida. Hal ini untuk melihat besarnya respon percepatan getaran pada setiap variasi kecepatan fluida. Sedangkan untuk sistem utama dengan *DVA* dilakukan dengan memvariasikan kecepatan fluida, rasio massa *DVA* dan posisi peletakan *DVA* sehingga dapat diketahui reduksi percepatan getarannya pada setiap variasi.



(a) (b)

Gambar 9. Instalasi alat, pipa elbow 90° tanpa DVA (a) tampak isometris, (b) tampak atas.



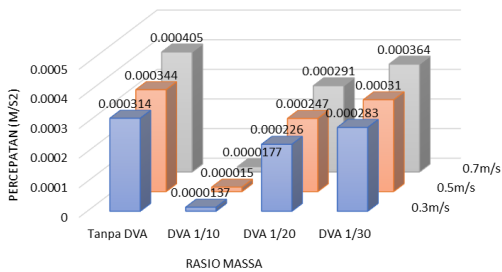
Gambar 10. Peletakan DVA posisi (a) Input, (b) Bend, (c) Output.

Pada eksperimen ini aliran *fluida* yang melewati pipa *elbow* 90° diatur pada kecepatan 0,3 m/s, 0,5 m/s, 0,7 m/s dengan variasi peletakan posisi *DVA* yaitu pada *Input*, *Bend* dan *Output* seperti gambar 10. Selain itu juga digunakan variasi rasio massa *DVA* yaitu 1/10, 1/20, dan 1/30 dari massa pipa *elbow* 90° yang direpresentasikan dengan jumlah *ring* karet dan koin sebagai pemberat *DVA*.

3. Hasil dan Pembahasan

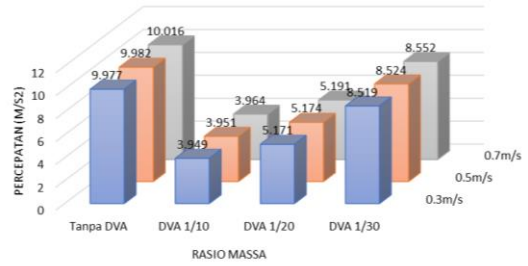
Hasil Simulasi

Hasil simulasi yang ditunjukkan dalam Gambar 11 menunjukkan hubungan antara kecepatan *fluida* dan rasio massa *DVA* terhadap percepatan getaran di pipa *Input* arah Y. Pemasangan *DVA* dengan rasio massa *DVA* 1/10 menghasilkan percepatan yang rendah disemua kecepatan *fluida*. Dan dari ketiga kecepatan tersebut, respon percepatan terkecil terjadi pada kecepatan *fluida* 0,3 m/s. Namun perbedaannya tidak signifikan.



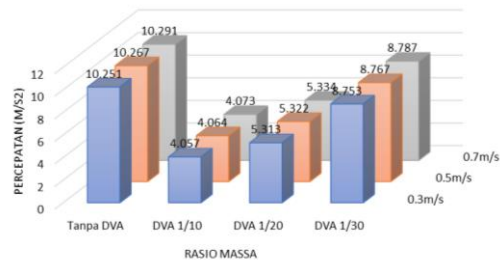
Gambar 11. Respon percepatan *DVA* di *Input* arah Y pipa *elbow* 90°.

Dari Gambar 12 memperlihatkan respon percepatan pada pipa *Bend* arah Y. Aliran *fluida* dari arah *Input* membentur dinding pada *Bend* pipa, sehingga terjadi getaran ke arah Y. Getaran yang terukur lebih besar dibandingkan dengan getaran pada pipa *Input*. Untuk pengaruh pemasangan *DVA*, rasio massa *DVA* 1/10 mampu menurunkan getaran lebih besar dibandingkan rasio massa yang lain. Sedangkan kecepatan *fluida* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap respon getarannya.



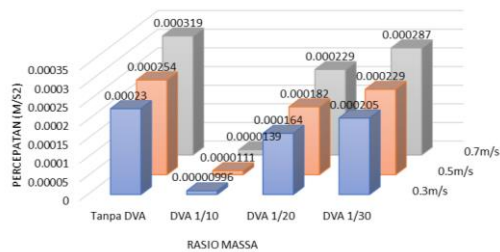
Gambar 12. Respon percepatan *DVA* di *Bend* arah Y pipa *elbow* 90°.

Demikian juga pada pipa *Bend* arah X. Karena analisisnya menggunakan simulasi dan dianggap gaya yang membentur dinding pipa terdistribusi merata, maka hasil getarannya sama besar. Respon percepatan terendah juga terjadi pada rasio massa *DVA* 1/10 dari massa utama.



Gambar 13. Respon percepatan *DVA* di *Bend* arah X pipa *elbow* 90°.

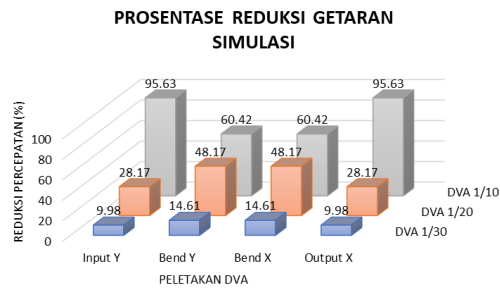
Selanjutnya, dari Gambar 14 memperlihatkan respon percepatan di pipa *Output* arah X. Respon getaran yang dihasilkan paling rendah terjadi pada rasio massa *DVA* 1/10. Dibandingkan dengan respon getaran pada pipa *Input*, pada pipa *Output* ini respon getarannya rendah sekali. Hal ini karena gaya yang diterima pipa *Output* sudah berkurang akibat adanya belokan.



Gambar 14. Respon percepatan *DVA* di *Output* arah X pipa *elbow* 90°.

Pembahasan Hasil Simulasi Dan Eksperimen

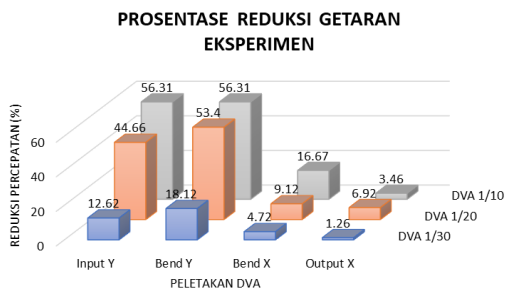
Reduksi respon percepatan pada analisa simulasi dapat dilihat pada Gambar 15. Untuk variasi rasio massa *DVA*, yang dihasilkan bahwa pada rasio massa *DVA* 1/10 dari massa utama mampu meredam getaran yang lebih besar dibandingkan rasio massa *DVA* yang lain. Sedangkan untuk peletakan *DVA* yang efektif adalah di *Input* dan *Output* pipa *elbow* 90°.



Gambar 15. Prosentasi reduksi getaran hasil simulasi.

Persentase yang dihasilkan pada kedua lokasi tersebut adalah sama besarnya, yaitu sebesar 95,63%. Hal ini terjadi karena pada simulasi gaya pada *Input* dan *Output* mempunyai perbedaan yang tidak signifikan. Demikian juga untuk lokasi di *Bend* arah X dan Y, dimana prosentasi reduksi getarannya adalah 60,42%. Hal ini terjadi karena pada analisa simulasi, dianggap gaya didistribusikan secara merata.

Persentase reduksi getaran hasil eksperimen dapat dilihat pada Gambar 16. Terjadi perbedaan dengan hasil simulasi. Untuk rasio massa *DVA* yang mampu meredam paling besar terjadi pada rasio massa *DVA* 1/10 dari massa utama. Namun pada lokasi peletakan yang mampu meredam paling besar terjadi pada *Input* arah Y dan *Bend* arah Y pada pipa *elbow* 90⁰, sebesar 56,31% Hal ini terjadi karena aliran *fluida* yang masuk ke pipa *elbow* 90⁰ akan terbentur dinding pada arah Y. Sehingga getaran yang terjadi besar. Sedangkan getaran ke arah X baik pada *Bend* arah X dan *Output* arah X hanya mengalami getaran yang kecil, karena energi sudah berkurang setelah terbentur dinding arah Y. Dengan pemasangan *DVA* pada *Input* dan *Bend*, maka *DVA* dapat meredam getaran secara efektif pada *Input* arah Y dan *Bend* arah Y. Untuk rasio massa *DVA* 1/20 dapat meredam getaran yang efektif jika diletakkan pada *Bend*, dengan nilai reduksi sebesar 53,4%. Sedangkan untuk rasio massa *DVA* 1/30, baik simulasi atau pengujiannya tidak bisa mereduksi dengan baik untuk penempatan di lokasi manapun.



Gambar 16. Prosentasi reduksi getaran hasil eksperimen.

4. Kesimpulan

Dari kajian ini didapatkan bahwa pemasangan *DVA* yang paling efektif diletakkan di *Input* dan *Bend* pada pipa *elbow* 90⁰ dengan rasio massa *DVA* sebesar 1/10 dari massa utama sebesar 56,3%. Sedangkan untuk

rasio massa *DVA* 1/20, efektif meredam jika diletakkan pada *Bend* dengan reduksi sebesar 53,4%. Untuk rasio massa *DVA* 1/30 dari massa utama, penempatan *DVA* dimanapun pada pipa *elbow* 90⁰, tidak dapat meredam getaran dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Chang Liu, Jie Ni, Jie Wen & Xueyuan Peng. 2018, "Design and Validation of Adjustable Dynamic vibration absorber for Piping Vibration Suppression in Skid Mounted Compressor Unit." *International Compressor Engineering Conference*, pp. 11-1.
- [2] Dai Qing-shan, Zhang Zhen-hai & Zhu Shi-jian. 2017, "Finite Element Analysis and Experimental Study on *Elbow*." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, pp. 1-7.
- [3] Keshtkar H & Jafari A A. 2017, "Vibration Analysis of a Turbulent Fluid Passing Inside an *Elbow* Shaped Pipe Section." *Journal of Applied Mechanical Engineering*, Volume 1, pp. 19-21.
- [4] Pachpute A Z & P, B. Bawa. 2016, "Optimum of Design of a Damped Dynamic vibration absorber a Simulation Approach." *International Journal of Engineering Research and Development*, Volume 1, pp. 19-21.
- [5] Pritchard J P. Fox and McDonald's, 2011, *Introduction to Fluid Mechanics*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- [6] Rao Singeresu S, 2011, *Mechanical Vibration, Fifth Edition*. Upper Saddle River: Pearson Education Inc.
- [7] S M Khot, Pallavi Khaire & Abhishek S Naik, 2017, "Experimental and Simulation Study of Flow Induced Vibration Through Straight Pipes." *International Conference on Nascent Technologies in the Engineering Field*, pp. 1-6.
- [8] Tim Wavin Bv, 2010, *Panduan Teknik & Katalog Produk Wavin Aplikasi Pipa Air Bersih dan Buangan*. Jakarta: PT.Wavin Duta Jaya.
- [9] Udeotok Etim S. 2018, "Internal Fluid Flow Induced Vibration of Pipes." *Journal of Mechanical Design and Vibration*, Vol. 6, No. 1, 1-8
- [10] Veerapandi R, G. Karthikeyan, Dr. G. Jinu, R. Kannaiah. 2014, "Experimental Study and Analysis of Flow Induced Vibration in a pipeline." *International Journal of Engineering Research & Technology*, Volume 3, pp.1-5.