

## IDENTIFIKASI PENYUMBATAN ALIRAN AIR PADA PIPA DENGAN METODA GETARAN

### Subekti

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Mercu Buana  
Jurusan Teknik Mesin  
subekti@mercubuana.ac.id

### Agung Wahyudi Biantoro

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Mercu Buana  
Jurusan Teknik Mesin

### Abdul Hamid

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Mercu Buana  
Jurusan Teknik Mesin

### Sutanto

Mahasiswa S1  
Universitas Mercu Buana  
Jurusan Teknik Mesin

### Khairul Azis

Mahasiswa S1  
Universitas Mercu Buana  
Jurusan Teknik Mesin

*The piping system design due to pressure will experience vibrations due to the excitation force that comes from the pump. Excitation force occurs due to changes in fluid flow velocity. In addition, the length of the pipe and the large number of bends of the pipe due to cross with other installations, cause vibrations in the pipe. vibration analysis in the pipe should not be underestimated, where it is necessary to identify the causes of vibration in the pipe due to flow and placement of good support and the effect of obstacles in the pipe flow to prevent failure of the pipe. In addition, clogging of pipelines can result in reduced system carrying capacity, wastage of energy and resources, and the potential for increased likelihood of environmental and health problems. Therefore, this study will discuss the identification of blockage of water flow in pipes using the vibration method. The excitation force comes from the fluid flow flowing in the pipe, while the vibration response is generated using the accelerometer sensor provided with the FFT Analyzer. Retrieval of data using the accelerometer as a vibration sensor served by Ono Sokki's FFT analyzer which is then analyzed using Matlab. Installation with four supports shows that the resonance that occurs in the installation of two supports can be reduced, but it causes the magnitude of the iron pipe to increase, while the PVC pipe decreases at a frequency of 5 Hz. In general, the result of installing four supports shows that the noise on the PVC pipe is reduced while the iron pipe is getting higher due to the installation of a barrier in the pipe due to water flow. The vibration pattern that occurs uses a harmonic response simulation, the vibration pattern that occurs uses a harmonic response simulation.*

**Keywords:** Piping, Vibration, Blockage, Support, Frequency.

## 1. PENDAHULUAN

Perancangan sistem pemipaan yang bertekanan, akan mengalami getaran akibat adanya gaya eksitasi yang berasal dari pompa. Gaya eksitasi terjadi karena adanya perubahan kecepatan aliran fluida. Selain itu, faktor panjang pipa serta banyaknya jumlah *bending*/tekukan pipa akibat *cross* dengan instalasi lainnya, sehingga menyebabkan timbulnya getaran pada pipa.

Hal ini, menunjukkan perubahan kecepatan aliran fluida didalam pipa dan kekakuan sistem akan mengakibatkan ke stabilitas sistem perpipaan [1]. Dengan semakin besarnya getaran yang ditimbulkan akan mengakibatkan kelelahan dan kegagalan pada pipa. Getaran yang timbul akan menjadi masalah yang serius, terutama pada keamanan dan keandalan pipa pada saat beroperasi, disebabkan adanya kelelahan sebagai faktor utama terjadinya kegagalan tersebut [2]. Kegagalan akibat adanya resonansi, dikarenakan frekuensi pribadi mendekati frekuensi pribadi yang berasal dari mesin dimana, rentang frekuensi pribadi yang dihasilkan memiliki memiliki rentang frekuensi  $\pm 10\%$  dari nilai frekuensi eksitasi [3], [4].

Oleh sebab itu analisis getaran pada pipa tidak boleh dipandang sebelah mata, dimana perlu dilakukan indentifikasi penyebab getaran pada pipa akibat aliran dan penempatan support yang baik serta pengaruh terjadinya hambatan dalam aliran pipa untuk tidak terjadi kegagalan pada pipa. Selain itu, penyumbatan jalur pipa dapat mengakibatkan penurunan daya dukung sistem, pemborosan energi dan sumber daya, dan potensi peningkatan kemungkinan terjadinya masalah lingkungan dan kesehatan. Penyumbatan jalur pipa banyak

ditemui di industri minyak dan gas, apartement, perumahan, dan saluran pada PDAM. Penyumbatan pada industri minyak dan gas terjadi karena ada lumpur sehingga mengakibatkan menyempitnya diameter dalam pada pipa.

Penelitian mengenai mengenai penyumbatan aliran pada pipa telah banyak dilakukan, seperti lumpur dan penyumbatan pada pipa dapat dideteksi dan dikarakterisasi dengan menggunakan gelombang pemandu ultrasonik. Penilaian umum tentang potensi penggunaan gelombang ultrasonik terpandu untuk mendeteksi dan mengkarakterisasi penyumbatan lumpur dalam praktik diberikan [5]. Semakin banyak digunakan dalam sistem perpipaan air, yang telah mendorong studi hidrodinamika viskoelastik dalam sistem pipa ini. Pemahaman mendalam tentang fitur viskoelastisitas dinding pipa bermanfaat dan diperlukan untuk penerapan dan pengelolaan pipa plastik yang efektif seperti deteksi kebocoran dalam sistem pasokan air perkotaan. Metode analisis gelombang transien berbasis *Frequency Response Function* (FRF) untuk identifikasi sifat viskoelastik pipa serta deteksi kebocoran pada pipa plastik berisi air [6]. Penyumbatan jalur pipa dapat mengakibatkan penurunan daya dukung sistem, pemborosan energi dan sumber daya, dan potensi peningkatan kemungkinan terjadinya masalah lingkungan dan kesehatan. Metodologi untuk mensimulasikan perambatan gelombang akustik (AWP) pada pipa berisi fluida tersumbat sebagian dengan aliran dengan kecepatan aliran yang berbeda. Dengan menggunakan perangkat lunak dinamika fluida komputasi (CFD) serta penggunaan analisis elemen hingga (FEA) [7]. Respon frekuensi dari merambat gelombang transien dalam sistem pompa-pipa-katup dipelajari dengan metode analisis matriks transfer sistem. Berbeda dengan sistem reservoir-pipa-katup, gelombang transien digunakan sebagai teknologi komunikasi jarak jauh dalam sistem pompa-pipa-katup, dan sangat sedikit pekerjaan yang telah dilakukan pada analisis model dan strategi untuk mengontrol perilaku sinyal osilasi dari tekanan pipa [8].

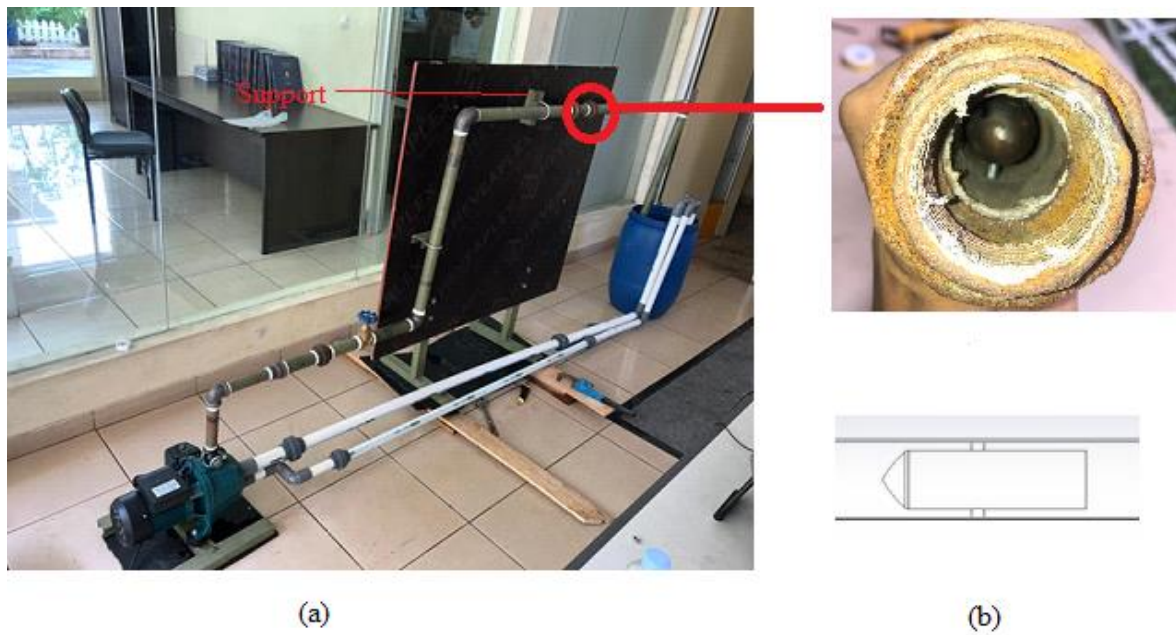
Beban ini merupakan beban yang dialami oleh sistem perpipaan secara terus menerus selama pipa tersebut beroperasi. Beban ini merupakan kombinasi beban yang diakibatkan oleh tekanan internal dan beban berat dari pipa itu sendiri [9]. Untuk fluida yang bergerak dengan kecepatan tertentu dan dengan kecepatan sudut (berputar) perubahan keduanya menyebabkan adanya getaran pada sebuah sistem. Perubahan tersebut mengindikasikan adanya peningkatan atau penurunan amplitudo dari pipa. Secara empiris besarnya frekuensi fluida yang mengalir dalam sebuah sistem perpipaan [10]. Untuk mencegah terjadinya kegagalan pada sistem perpipaan maka frekuensi natural pada pipa harus lebih besar dari frekuensi fluida yang mengalir, dimana frekuensi natural suatu sistem perpipaan minimal adalah 1.2 kali frekuensi fluida yang mengalir [3]. Jika frekuensi suatu sistem perpipaan tidak memenuhi hal tersebut maka besar kemungkinan terjadi kerusakan pada sistem tersebut. Penentuan kecepatan getaran pada pipa yang diizinkan mengacu pada standar API 618 tentang *separator margin*, terdapat 2 *point* pemenuhan kriteria penerimaan [11], yaitu; Nilai frekuensi alami suatu sistem perpipaan sebaiknya lebih besar 2,4 kali dari *maximum rate speed*. Nilai frekuensi alami perpipaan harus di bawah atau di atas  $\pm 20\%$  dari nilai frekuensi eksitasi. Pemenuhan kriteria batas izin kecepatan getaran diatur dalam standar API 618 tentang *Piping Design Vibration Criteria* sebagai berikut, dimana Ketika frekuensi di bawah 10 Hz, amplitudo yang diizinkan adalah 0,5 mm/s Ketika frekuensi antara 10 Hz sampai 200 Hz amplitudo yang diizinkan adalah 32 mm/s [11].

Atas dasar tersebut diatas maka penelitian ini, akan membahas mengenai identifikasi penyumbatan aliran air pada pipa dengan menggunakan metoda getaran. Penelitian mengenai getaran telah lama dilakukan di universitas mercubuana terutama dengan menggunakan *FFT analyzer*, seperti karakteristik getaran yang dimiliki oleh *tapered roller bearing* tersebut sebelum dan sesudah pelumasan (*oli & grease*) [12] dan [13]. Pengujian karakteristik dinamik pada kendaraan, dimana diperoleh adanya frekuensi modus getaran global [14], [15], [16] dan [17]. Sedangkan analisis kerusakan pada *screw compressor* yang mengalami *unbalance*, dikarenakan munculnya amplitudo pada 1x RPM dan ketidak lurusannya dikarenakan mengasalkan getaran yang lebih besar dari keadaan normal 2 x RPM [18]. Selain itu, mendeteksi kebocoran gas dalam skala rumah tangga otomatis dan sistem pendeteksi kebocoran gas menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, perlu dibuat sistem yang mendukung mekanisme pemantauan secara *real time* dan dapat memberikan peringatan dan notifikasi berdasarkan media suara (alarm) dan lampu led [19]. Jumlah mata pisau meningkatkan angin torsi turbin dan ada juga lebih banyak tenaga yang dihasilkan dari turbin dengan jumlah bilah lebih banyak karena torsi terkait tekanan [20].

## 2. METODE DAN BAHAN

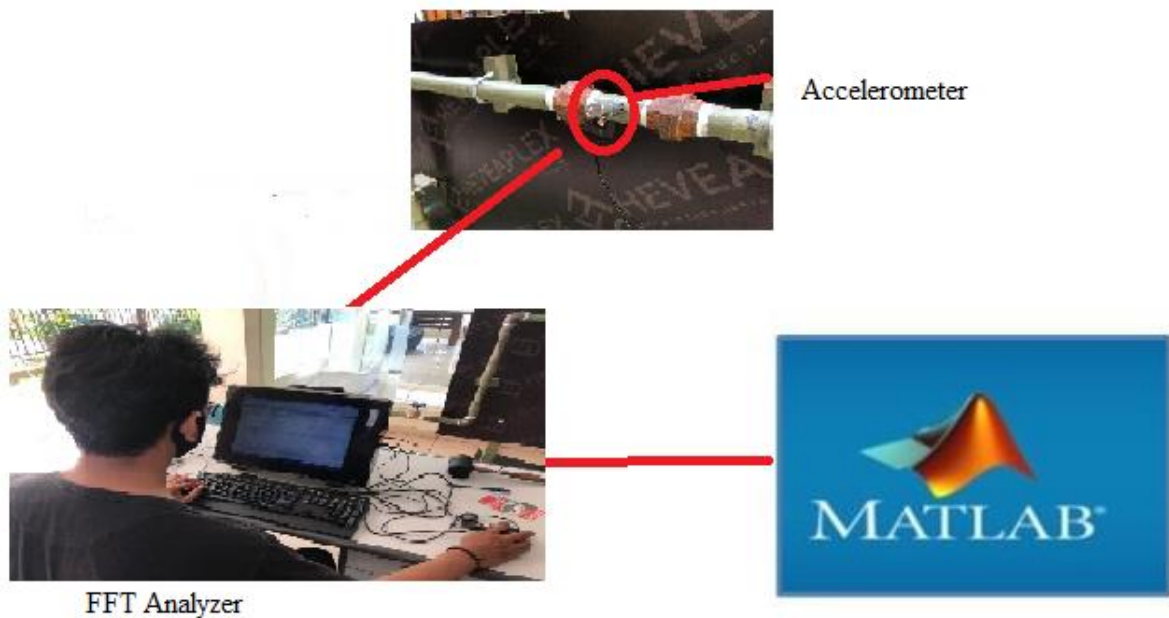
Pengujian dilakukan dengan aliran fluida yang dialirkan dengan debit air pompa yang mengalir secara penuh. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua dan empat pada support. Selain itu, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan penyumbat pada bagian dalam pipa untuk mengetahui pengaruh hambatan pada aliran pipa dengan material pipa besi dan PVC. Gaya eksitasi berasal dari aliran fluida yang mengalir pada pipa, sedangkan respon getaran yang dihasilkan diukur dengan menggunakan sensor *accelerometer* yang

dihubungkan dengan *FFT Analyzer*, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Pengujian getaran pada pipa (a) alat pengujian (b) media penghalang pipa

Pengambilan data menggunakan accelerometer sebagai sensor getaran yang dihubungkan dengan *FFT analyzer* Ono Sokki yang selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan Matlab. Untuk lebih jelasnya mengenai proses pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Pengambilan dan pengolahan data eksperimen

Pada pengukuran data, akan terlihat besarnya *coherence* yang menunjukkan besar *noise* yang dihasilkan pada alat ukur *FFT analyzer*. Hal ini menyebabkan perlu dilakukan pengulangan pengukuran getaran, dimana nilai *coherence* mendekati nilai 1. Adapun Spesifikasi alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi peralatan

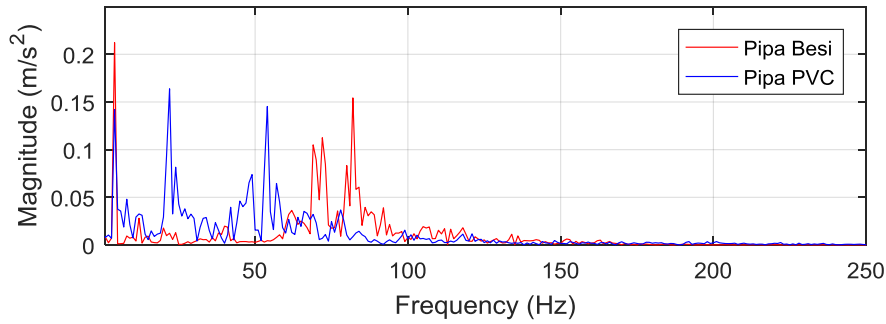
Perpipaan & Elbow 90				Penampung Air	
Dia. (mm)	Tebal Dinding (mm)	Material	Tekanan maksimal	Kapasitas (Liter)	Tipe
Ø32	2mm	PVC	10 kg/cm <sup>2</sup>	80	PVC
Ø42	2,30mm	PVC	10 kg/cm <sup>2</sup>		
Pompa					
Cairan	Nama	Air bersih			
	Temperatur	0 – 40 °C			
Tekanan Kerja		40 meter			
<i>Synchrhonous Speed</i>		2850 ppm			
Tipe		IPX4			
Debit		32 L/menit			
Daya Motor		370watt			
Frekuensi		50 Hz			
Accelometer					
Tipe		Piezoelectric			
Rasio sensitifitas konversi		pcs <sup>2</sup> m 5.0 – 7.0			
Jangkauan frekuensi		2 Hz – 10.000 Hz			
Resonansi frekuensi		> 28 kHz			
Sensitifitas melintang		< 5 %			
Panjang kabel		1.5 m			
Fast Fourier Transform (FFT) Analyzer					
Tipe		FFT portable type analyzer CF-3600A			
Jumlah chanel		4			
Layar sentuh		Ya			
Jangkauan maksimum frekuensi		40.000 Hz			
USB port		2			
VGA port		1			

### 3. HASIL DAN DISKUSI

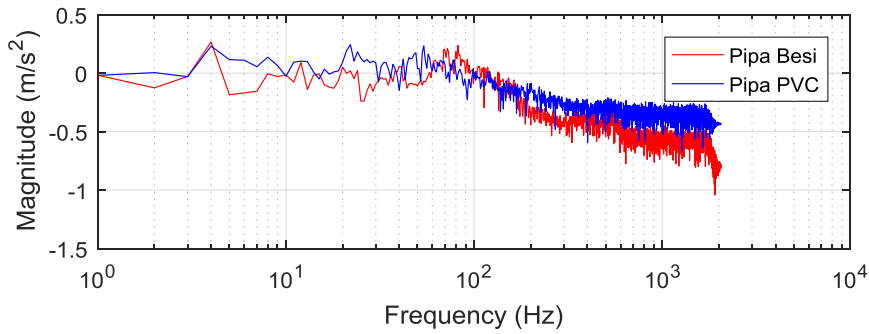
Pengukuran getaran dilakukan pada dua jenis pipa, yaitu pipa besi dan pipa PVC. Gaya eksitasi yang diberikan berasal dari aliran air yang berasal dari pompa. Pengukuran getaran dilakukan pada kondisi tidak dan adanya penghalang pada pipa. Respons getaran yang diukur dilakukan pada arah sumbu x, y dan z. dimana pengambilan data dilakukan pada tiga titik pengukuran. Pengukuran dilakukan dengan rentang frekuensi yang digunakan adalah 1 - 10 kHz, dengan analisis menggunakan tipe *amplitude peak to peak*, dengan banyaknya data yang diambil adalah 4096.

Pada pengukuran getaran pada pipa tanpa penghalang diperlihatkan bahwa frekuensi terbesar terjadi pada pipa besi dibandingkan dengan pipa PVC. Akan tetapi pada frekuensi 4 Hz pipa PVC memiliki ketinggian magnitudo yang lebih rendah dibandingkan dengan pipa PVC. Hal ini, disebabkan pipa PVC dapat meredam dengan baik dibandingkan pipa besi, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Pada Gambar 3(a) diperlihatkan bahwa puncak frekuensi pada pipa PVC lebih rendah dibandingkan dengan pipa besi. Hal ini menunjukkan bahwa pipa PVC dapat meredam dengan baik getaran akibat aliran pada pipa.

Spektrum akselasi atau yang dikenal dengan densitas spektral daya (PSDs) dihitung dari data deret waktu percepatan untuk setiap seksi pengujian dan pada beberapa kecepatan. Setiap PSD kemudian dibandingkan dengan respons frekuensi dari bagian uji yang sesuai yang dieksitasi dengan kecepatan aliran terhadap pengaruh pemasangan dua dan empat support pada pipa akibat adanya penghalang. Analisis *Power Spectral Density* (PSD) menunjukkan dengan jelas bahwa pada pipa PVC memiliki frekuensi lebih rendah dibandingkan dengan pipa besi, sedangkan magnitudo yang dihasilkan lebih tinggi pipa besi dibandingkan pipa PVC, seperti ditunjukkan pada Gambar 3 (b).



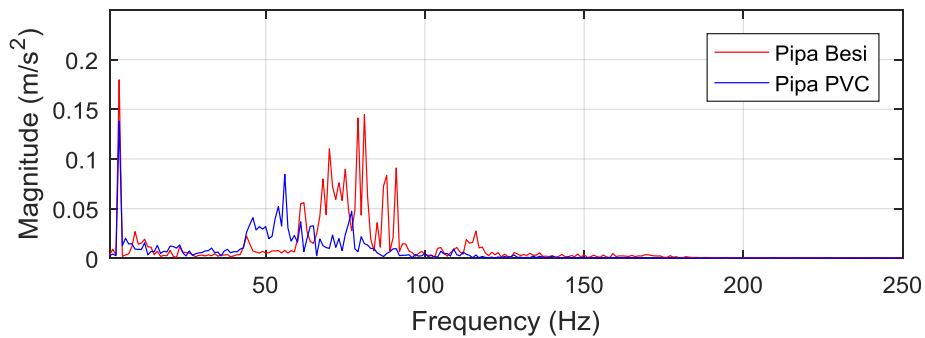
(a) Analisis FFT



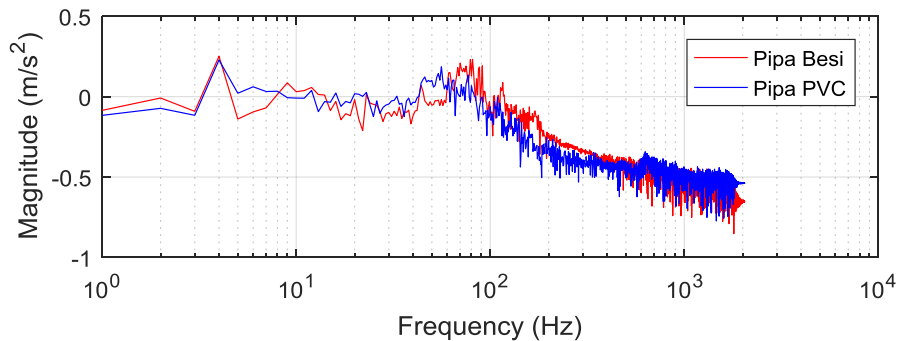
(b) Analisis PSD

**Gambar 3.** Hasil pengukuran getaran pada kondisi tanpa penghalang

Dengan pemasangan 2 support pada pipa penghalang menunjukkan bahwa, pipa besin menghasilkan frekuensi yang lebih tinggi untuk mode shape 2 ke mode shape berikutnya dibandingkan dengan pipa PVC, sedangkan mode shape pertama memiliki frekuensi yang sama sekitar 5 Hz, akan tetapi memiliki amplitude lebih tinggi dibandingkan dengan pipa besi, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4 (a).



(a) Analisis FFT

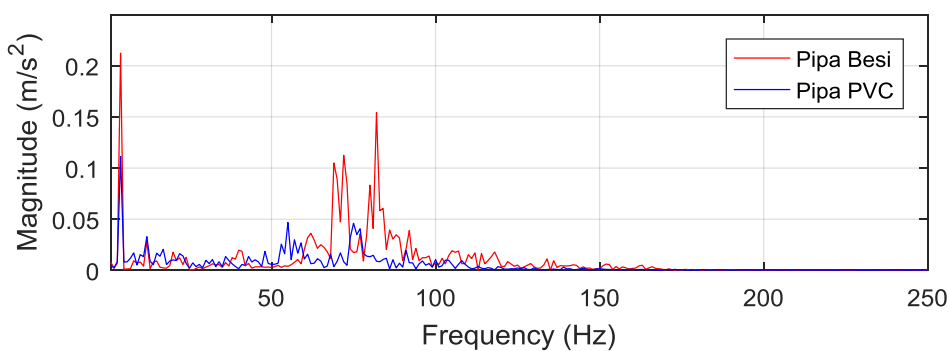


(b) Analisis PSD

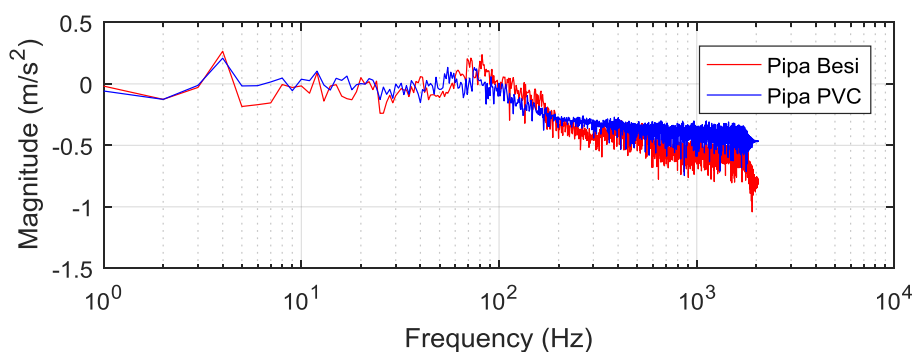
**Gambar 4.** Pengaruh getaran akibat 2 support antara pipa besi dan pipa PVC

Pengaruh pemasangan dua support menunjukkan bahwa resonansi pada pipa mempengaruhi getaran yang ditimbulkan. Pada gambar 4 (b) diperlihatkan bahwa pada pipa besi memiliki frekuensi lebih tinggi dibandingkan dengan pipa PVC pada pemasangan support. Hal ini, menunjukkan bahwa pipa PVC memiliki sifat meredam yang lebih baik akibat pemasangan penghalang dan dapat mengurangi resonansi dengan baik.

Pemasangan dengan empat support menunjukkan bahwa, resonansi yang terjadi pada pemasangan dua support dapat dikurangi akan tetapi menyebabkan magnitude pada pipa besi mengalami kenaikan, sedangkan pipa PVC mengalami penurunan pada frekuensi 5 Hz. Secara umum, akibat pemasangan empat support menunjukkan bahwa noise pada pipa PVC berkurang sedangkan pada pipa besi semakin tinggi akibat pemasangan penghalang didalam pipa akibat aliran air, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5(a).



(a) Analaisi FFT



(b) Analisis PSD

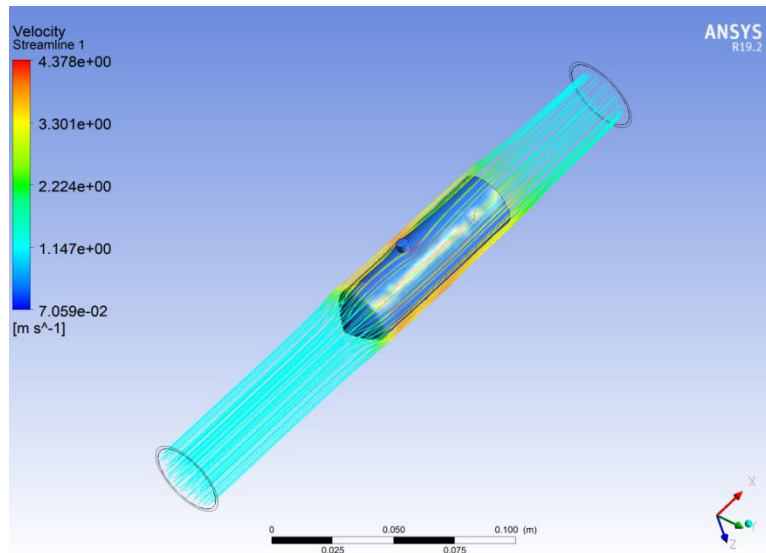
**Gambar 5.** Pengaruh getaran akibat 4 support antara pipa besi dan pipa PVC

Gambar 5 (a) menunjukkan bahwa dengan pemasangan 4 support, tidak ada perubahan frekuensi yang terjadi akibat pemasangan support dari 2 support menjadi 4 support, akan tetapi terjadi pengurangan frekuensi resonansi yang terjadi akibat pemasangan penghalang didalam pipa dibandingkan dengan pemasangan 2 support. Pemasangan support 4 dapat mengurangi frekuensi resonansi yang terjadi.

Setelah dilakukan eksperimen pengaruh penyumbatan aliran fluida dalam pipa terhadap getaran, maka dilakukan simulasi untuk melihat kondisi aliran air saat melewati hambatan dalam pipa. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan Software Ansys 19.2 dengan analisis *Computational Fluid Dynamics* (CFD), seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

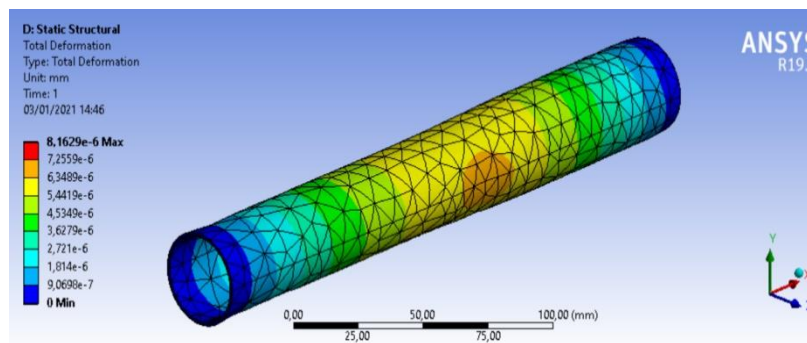
Analisis CFD dilakukan pada kondisi *steady*, dimana aliran kecepatan dianggap konstan. Simulasi dilakukan yang pada pipa besi, hal ini dilakukan karena pipa besi yang memiliki frekuensi lebih tinggi dibandingkan pipa PVC. Gambar 6 memperlihatkan kecepatan *streamline* akibat adanya penghalang pada pipa. Akibat adanya penghalang pada pipa menyebabkan kecepatan aliran disekitar daerah penyempitan semakin tinggi yang menyebabkan debit air tinggi akibat berkurangnya luas penampang aliran.





Gambar 6. Simulasi Aliran Fluida Yang Melewati Penghalang

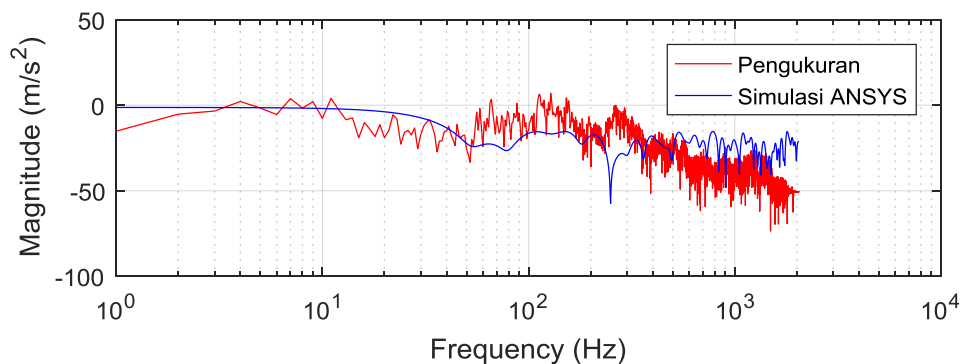
Selanjutnya dilakukan simulasi untuk mengetahui kekuatan pipa, untuk mengetahui kekuatan pipa akibat pemasangan penghalang dengan menggunakan *analisis static structural*, dimana berfungsi untuk mengetahui *total deformation* yang terjadi pada area sekitar hambatan pada saat pipa dialiri fluida, seperti ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Total Deformation Pada Pipa di Sekitar Hambatan

Gambar 7 memperlihatkan bahwa deformasi pada pipa akibat adanya penghalang menunjukkan tidak terdapat titik kritis akibat pemasangan. Akan tetapi harus diperhatikan adalah bagian pada pemasangan dukungan penghalang dimana memiliki deformasi sebesar  $7,2557E^{-6}$  mm.

Selanjutnya dilakukan simulasi pola getaran yang terjadi akibat pemasangan penghalang dengan menggunakan Ansys. Pola getaran yang terjadi menggunakan simulasi *harmonic response* untuk melihat frekuensi respon terhadap *normal stress* yang terjadi di area sekitar hambatan dengan rentang frekuensi 40Hz. Pola getaran simulasi dengan pengukuran sangat jauh berbeda akan tetapi terdapat kemiripan pada mode shape, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan simulasi dan pengukuran akibat adanya penghalang

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan awal. Pemasangan dengan empat support menunjukkan bahwa, resonansi yang terjadi pada pemasangan dua support dapat dikurangi akan tetapi menyebabkan magnitude pada pipa besi mengalami kenaikan, sedangkan pipa PVC mengalami penurunan pada frekuensi 5 Hz. Secara umum, akibat pemasangan empat support menunjukkan bahwa noise pada pipa PVC berkurang sedangkan pada pipa besi semakin tinggi akibat pemasangan penghalang didalam pipa akibat aliran air. Pola getaran yang terjadi menggunakan simulasi *harmonic response*, pola getaran yang terjadi menggunakan simulasi *harmonic response*.

#### 5. PERNYATAAN TERIMA KASIH

Pada Terima kasih kami sampaikan ucapan kepada Kepala Pusat Penelitian Universitas Mercu Buana yang telah membiayai penelitian ini, dengan nomor 02-5/444/B-SPK/II/2021, kepada Kaprodi serta Kepala Lab. Teknik Mesin Universitas Mercu Buana dan semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan namanya satu persatu.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PAMUNGKAS, R. H., & SUFIYANTO. (2014). Analisis Karakteristik Getaran Pada Sistem Perpipaan Akibat Perubahan Jarak Tumpuan Klem. *Transmisi*, X(1), 41–48.
- [2] SAHA, S. (2012). A Time History Method For Analysing Operational Piping Vibrations. *World Journal of Mechanics*, 02(06), 325–333. <https://doi.org/10.4236/wjm.2012.26038>
- [3] WU, X., LU, H., WU, S., HUANG, K., WAN, J., LI, W., & LIU, Z. (2014). Stress Analysis Of Reciprocating Pump Pipeline System In Oil Station. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(7), 2026–2032.
- [4] SEPTIYANI, A., HUSODO, A. W., & MAHARDHIKA, P. (2018). Analisa Dinamik pada Sistem Perpipaan akibat Getaran Pompa. *Proceeding Conference of Piping Engineering and Its Application*, 1, 73–78. <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/537>
- [5] MA, J., LOWE, M. J. S., and SIMONETTI, F.(2008). Feasibility Study Of Blockage Detection Inside Pipes Using Guided Ultrasonic Waves. *17th World Conference on Nondestructive Testing*, 25-28 Oct 2008, Shanghai, China
- [6] BIN PAN, HUAN-FENG DUAN, SILVIA MENICONI, BRUNO BRUNONE. (2021). FRF-based transient wave analysis for the viscoelastic parameters identification and leak detection in water-filled plastic pipes. Volume 146, *Mechanical Systems and Signal Processing*. ISSN 0888-3270, <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2020.107056>.
- [7] MUSTAPHA ABDULLAHI, S. OLUTUNDE OYADIJI. (2020). Simulation And Detection Of Blockage In A Pipe Under Mean Fluid Flow Using Acoustic Wave Propagation Technique. 13 January 2020. *Structural Control and Health Monitoring*. <https://doi.org/10.1002/stc.2449>
- [8] LIU, ZUBIN; PAN, DINGYI; QU, FENGZHONG; HU, JIANXIN. (2020). Model Analysis and System Parameters Investigation for Transient Wave in a Pump–Pipe–Valve System. *Water* 12, no. 4: 1014. <https://doi.org/10.3390/w12041014>
- [9] VAUSA, V. V., HUSODO, A. W., & MAHARDHIKA, P. (2017). Analisa Tegangan dan Frekuensi Alami Pada Pipa Line 116OTH202-200- 40C10 di Plant Fatty Acid Fractionation Upgrade. *Proceedings Conference on Piping Engineering and Its Application*, 2, 67–72. <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/394>
- [10] PRADIP P. SHEJAL, & DESAI A. (2014). Pulsation and Vibration Study Of Reciprocating Compressor According To API 618 5th Edition. *Ijmer*, 4(7), 1–23. [http://www.ijmer.com/papers/Vol4\\_Issue7/Version-1/IJMER-47010123.pdf](http://www.ijmer.com/papers/Vol4_Issue7/Version-1/IJMER-47010123.pdf)
- [11] GREENFIELD, B. S., & EBERLE, K. (2008). New api standard 618 ( 5th ed .) And its impact on reciprocating compressor package design api 618 5 th Edition ( the Standard ) Only Specifies Minimum Requirements — More Aggressive and Innovative Approaches Can Realize Significant Savings. 618(December 2007).
- [12] IKHSAN, M., PRATIWI, M., A., OCTAVIANTO, R.,D., HAMID, A., & SUBEKTI, S. (2020). Analisis getaran tapered roller bearing pada turbine propeller sebelum dan sesudah pelumasan (oli & grease) dengan metode bump test. *Barometer*, 5(2), 277-281. <https://doi.org/10.35261/barometer.v5i2.3764>
- [13] PRATIWI, M., A., IKHSAN, M., OCTAVIANTO, R.,D., HAMID, A., & SUBEKTI, S. (2021). Dynamic Characterization of Ball Bearing In Turbine Propeller Using Bump Test Method. *Sinergi* Vol. 25, No. 2, pp. 135-140.



- [14] SUBEKTI, S. (2018). Studying The Dynamic Characteristics To Lengthen The Operating Life For A Diesel Engine Using Frequency Response Function (FRF) Measurement. *SINERGI*, 22(3), 161-168. <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/sinergi/article/view/1912>
- [15] SUSANTO, A., YUSUF, S. Q., HAMID, A., WAHYUDI, H., and SUBEKTI, S. (2019). Implementation Of Frequency Response Function On Tapper Bearing Maintenance,” *Sinergi*, vol. 23, no. 2, pp. 132–138.
- [16] EFENDI, B. D., SUBEKTI, S., and HAMID, A.(2019). Karakteristik Dinamik Disc Brake Daihatsu Siga 1200 cc dengan Metode Bump Test. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, vol. 1, pp. 14–19.
- [17] GULANG, M. F., HAQ, Z. D., ALPIYANTO, H., dan SUBEKTI S. (2020). Karakteristik dinamik needle bearing pada poros camshaft DOHC yang telah dimodifikasi dengan metode bump test. *TEKNIKA: JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI*, Vol. 16, N0. 02, pp. 237–243.
- [18] SANGIAN, H., RAHMAN, D. A., RUDIWANTO, R., SUBEKTI, S., HAMID, A. (2020). Analisis getaran pada screw compressor akibat pengaruh putaran rotor. *Rekayasa Mesin*; Vol 11, No 2.
- [19] BIANTORO, A. W., ANGGRAINI, R., SUBEKTI. (2020). Pengembangan Alat Deteksi Dini Asap dan Kebocoran Gas Pada Tabung LPG, Pencegah Kebakaran Skala Rumah Tangga. *Faktorexacta*, Vol. 13, No. 2, June 2020, pp. 113-124 eISSN: 2502-339X, pISSN: 1979-276X, DOI: 10.30998/faktorexacta.v13i2.658. [https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/Faktor\\_Exacta/article/view/6587/3309](https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/Faktor_Exacta/article/view/6587/3309)
- [20] SUDARMA, A. F., KHOLIL, M., SUBEKTI, S., and ALMAHDY, I. (2020). The Effect of Blade Number on Small Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) Performance: An Experimental and Numerical Study. *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 11, No. 12.