

ANALISIS PENGARUH PENYUMBATAN ALIRAN FLUIDA PADA PIPA DENGAN *METODE FAST FOURIER TRANSFORM*

Fiqri Agung Wicaksono^{1*}, Subekti Subekti², Kusuma Indriyanto³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Lab. Getaran, Universitas Mercubuana Jakarta

^{1,2,3}Jln. Meruya Selatan No. 1, Meruya Selatan, Kembangan, Meruya Sel., Kembangan, Jak-Bar, Jakarta 11650, Indonesia
Email: fiqriawee@gmail.com¹, subekti@mercubuana.ac.id², kusuma.indriyanto@gmail.com³

ABSTRACT

Piping installations have an essential role in various modern industries. Good planning is crucial in designing a piping installation. One of the most commonly used pipe types is carbon steel pipe which has good resistance and strength. In addition to the excellent strength, the hardness level is also high, where it tends to be stiff and causing vibrations in its application. The vibrations arising from the presence of fluids (in this case, water) will cause severe problems if not handled properly. Pipe vibration can damage pipe structures and buildings. That is why a good plan in piping installation design is needed. One way to reduce vibrations in metal pipes is to install supports in the correct position and the right amount. The fluid flow must also be taken into account to minimize vibrations in piping installations. In this experiment, testing will be carried out using the Fast Fourier Transform (FFT) method on an iron pipe installation with various valve openings to regulate the water flow and the number of pipe support to minimize vibrations.

Keywords: pipe, carbon steel, FFT, vibration, valve, support

ABSTRAK

Instalasi perpipaan memiliki peranan yang penting diberbagai industri modern. Perencanaan yang baik sangat penting dalam mendesain sebuah instalasi perpipaan. Salah satu jenis pipa yang paling sering digunakan adalah pipa carbon steel yang memiliki ketahanan dan kekuatan yang baik. Namun disamping kekuatan pipa carbon steel yang baik, tingkat kekerasan pipa jenis ini juga tinggi sehingga cenderung tidak lentur yang mana akan menimbulkan getaran yang cukup kuat dalam pengaplikasiannya. Getaran yang timbul karena adanya fluida (dalam hal ini air) akan menimbulkan masalah serius apabila tidak ditangani dengan benar. Kerusakan struktur pipa dan bangunan dapat terjadi akibat getaran pipa yang ditimbulkan. Untuk itu perlu sebuah perencanaan yang baik dalam membuat desain instalasi perpipaan. Salah satu cara untuk mengurangi getaran yang terjadi pada pipa besi adalah dengan memasang support atau penyangga pada posisi yang benar dan jumlah yang tepat, selain itu debit fluida yang mengalir juga harus diperhitungkan untuk mengurangi getaran yang terjadi pada instalasi perpipaan. Pada eksperimen ini akan dilakukan pengujian menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) terhadap sebuah instalasi pipa besi dengan variasi bukaan katup untuk mengatur debit air yang mengalir dan jumlah support yang menjadi penyangga pipa untuk mengatasi getaran yang terjadi.

Kata kunci: pipa, carbon steel, FFT, getaran, Support

PENDAHULUAN

Pada pipa yang dialiri oleh fluida seringkali membutuhkan katup untuk mengatur besaran aliran fluida yang akan dialirkan. Katup yang bergerak membuka dan menutup juga akan mempengaruhi getaran yang terjadi pada instalasi perpipaan, hal ini biasa dikenal dengan istilah water hammer.

Pada eksperimen deteksi kebocoran dan sumbatan pada pipa yang dilakukan oleh Yahya pada tahun 2018 (Yahya, 2018) digunakan metode *fast fourier transform* (FFT) analisis fourier digunakan sebagai representasi waktu amplitudo yang akan ditransformasikan sehingga menjadi representasi frekuensi-amplitudo, artinya sumbu X mewakili frekuensi dan sumbu Y mewakili nilai amplitudonya. Dalam mengubah domain waktu ke domain

frekuensi dapat menggunakan program MATLAB. Hal ini dilakukan pada saat pengambilan data, data yang didapat berupa sinyal domain waktu. Setelah sinyal data sinyal domain waktu didapat, dengan menggunakan program MATLAB, sinyal domain waktu tersebut diubah menjadi sinyal domain frekuensi agar didapatkan nilai frekuensi dari masing masing kerusakan. Contoh sistem perpipaan adalah sistem distribusi air bersih, pipa pemadam kebakaran pada high – rise building, sistem pengangkutan air bersih dari sumur dalam / deepwell, ke ground water tank atau raw water (ASME, 2009).



Gambar 1. Instalasi Perpipaan (Family Handyman, 2020)

Dari sudut pandang mekanika fluida, semua materi hanya terdiri dari dua keadaan, fluida dan padat. Perbedaan teknis terletak pada reaksi keduanya terhadap tegangan geser atau tangensial yang diterapkan. Padatan dapat menahan tegangan geser dengan deformasi statis sedangkan cairan tidak bisa. Setiap tegangan geser yang diterapkan pada fluida, sekecil apa pun, akan mengakibatkan pergerakan fluida tersebut (White, 2003). Fluida bergerak dan berubah bentuk terus menerus selama tegangan geser diterapkan.

TINJAUAN PUSTAKA

Fluida adalah zat atau subsistem yang akan mengalami deformasi secara berkesinambungan kalau terkena gaya geser (gaya tangensial) walaupun gaya tersebut kecil sekalipun (Nasution, 2008). Dalam fisika, fluida diartikan sebagai suatu zat yang dapat mengalir.

Sifat Fluida

Fluida yang koefisien viskositas dinamikanya (μ) bergantung pada temperatur dan tekanan namun tidak bergantung pada besar gradien kecepatan, dikenal dengan *Fluida Newtonian*. Untuk *fluida* jenis ini, grafik yang menghubungkan tegangan geser dengan gradien kecepatan adalah sebuah garis lurus yang melalui titik asal, dan cenderung sebagai viskositas dinamik (Rina Sahaya, 2016).

Densitas merupakan pengukuran massa pada setiap volume fluida. Apabila semakin tinggi densitas pada suatu fluida, maka semakin besar juga massa pada setiap volume fluidanya. Densitas dapat dinyatakan dengan tiga bentuk, yaitu :

1. Densitas massa

Densitas massa adalah perbandingan dari jumlah massa terhadap jumlah volume

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

- m = massa (kg)
- V = volume (m³)
- ρ = massa jenis atau kerapatan (kg/m³)

2. Berat Spesifik

Berat spesifik merupakan hasil dari densitas massa dikalikan dengan gravitasi.

$$\gamma = \rho \cdot g \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- γ = Berat Spesifik (N/m³)
- ρ = Densitas (kg/m³)
- g = Gravitasi (m/s²)

3. Specific Gravity

Specific gravity atau densitas relatif merupakan tingkat kerapatan terhadap kerapatan suatu standar atau referensi. Pada umumnya zat yang dijadikan referensi adalah air yang memiliki *specific gravity* = 1. Jika suatu material memiliki berat jenis kurang dari 1, maka akan mengapung di atas air.

$$s.g = \frac{\rho_{zat}}{\rho_{referensi}} \dots \dots \dots (3)$$

Viskositas fluida adalah gesekan yang ditimbulkan oleh fluida yang bergerak, atau bisa juga disebabkan benda padat yang bergerak didalam fluida. Besarnya gesekan ini disebut juga sebagai derajat kekentalan zat cair. Viskositas suatu fluida adalah sifat yang menunjukkan besar dan kecilnya tahanan dalam fluida terhadap gesekan.

Viskositas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, tekanan dan konsentrasi larutan. Viskositas dapat dinyatakan dalam bentuk absolut (dinamis) dan dalam bentuk kinematik.

Suatu aliran dapat disebut laminer atau turbulen dengan mengetahui bilangan reynoldsnya. secara umum, aliran akan disebut laminer jika bilangan reynoldnya kurang dari 2.000 dan akan turbulen jika lebih dari 4.000. Jika bilangan reynold pada suatu aliran berada diantara 2000 dan 4000 maka aliran ini disebut sebagai aliran transisi yang memungkinkan terjadinya aliran laminer maupun turbulen sewaktu-waktu. Bilangan Reynolds dapat dihitung dengan persamaan 2.4.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran (m/s)

D = Diameter pipa (m)

ρ = massa jenis (kg/m³)

μ = viskositas dinamik (N.s/m³)

Setiap gerakan yang berulang setelah selang waktu tertentu disebut getaran atau osilasi (Rao, 2011). Getaran adalah gerakan yang teratur dari benda atau media dengan arah bolak-balik dari kedudukan keseimbangannya. Getaran terjadi apabila mesin atau alat yang digunakan dijalankan oleh motor sehingga pengaruhnya bersifat mekanis.

Getaran

Gaya yang menyebabkan getaran pada sebuah sistem biasanya berasal dari luar sistem tersebut. Namun, ada sistem yang gaya penggeraknya merupakan fungsi dari parameter gerakan sistem, seperti perpindahan, kecepatan, atau percepatan. Sistem seperti itu disebut *self-excitation vibration*. Ketidakstabilan poros yang

berputar, putaran bilah turbin, getaran pipa yang diinduksi oleh aliran fluida, adalah contoh tipikal dari getaran yang dihasilkan oleh sistem itu sendiri (Rao, 2011).

Timbulnya getaran pipa menjadi masalah yang serius dalam hal keamanan dan keandalan pipa pada saat beroperasi dengan kondisi *hight-rise building*, yang disebabkan adanya kelelahan sebagai faktor utama adanya kegagalan tersebut (Saha, 2012). Kegagalan terjadi akibat adanya resonansi, dimana frekuensi pribadi mendekati frekuensi pribadi yang dihasilkan dari mesin (Xiaonan Wu, 2014). Besarnya frekuensi pribadi yang dihasilkan pada suatu sistem pemipaan memiliki rentang frekuensi $\pm 10\%$ dari nilai frekuensi eksitasi yang diberikan (Septiyani, 2018).

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 dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Shejal, 2014).

$$f_{fluida} = \frac{4xm}{\pi x D^2 x \rho x L} \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

m = mass flow rate (kg/s)

D = diameter pipa (m)

ρ = massa jenis *fluida* (kg/m³)

L = panjang peluruhan getaran (m)

Flow Induced Vibration

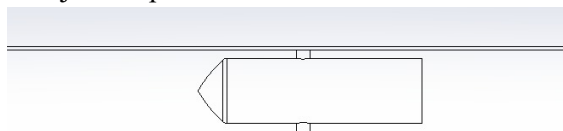
Flow induced vibration adalah istilah untuk menunjukkan fenomena yang terkait dengan respons sebuah struktur yang ditempatkan di tengah aliran fluida atau dijadikan media untuk mengalirkan fluida.

Menurut Siemens PLM Software (2017), Getaran jaringan pipa dan perpipaan yang diinduksi oleh aliran dapat terjadi dengan sejumlah mekanisme sebagai berikut :

1. Pompa dan kompresor yang dapat menghasilkan tekanan pulsasi yang mempengaruhi instalasi pipa yang terhubung dengan pompa.
2. Aliran yang berfluktuasi melewati penghalang atau objek dalam aliran (misalnya, thermowell atau gangguan lain dalam aliran).
3. Aliran multifase, untuk kasus dengan aliran yang memiliki beberapa fase (misalnya, gas dan cairan), aliran fluida multifase dan frekuensi dari aliran melalui perpipaan dapat menimbulkan getaran.
4. Perubahan aliran fluida yang tiba-tiba yang disebabkan adanya katup yang dibuka.

METODE

Pengambilan data getaran pertama dilakukan dengan melakukan uji *bump test* untuk mengetahui frekuensi alami atau resonansi dari benda uji sebelum dialiri fluida. Uji *bump test* dilakukan dengan cara memberikan pukulan di satu titik pada benda uji dengan konfigurasi letak sensor pada sumbu x, y dan z pada setiap *elbow* pipa. Pipa yang digunakan pada penelitian ini adalah besi cor dengan diameter dalam 42 mm dengan kecepatan aliran air sebesar 0,76 m/menit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2. Selain pengujian dilakukan pada aliran pipa akibat getaran dilakukan juga pengujian apabila terdapat penghalang dalam aliran pipa seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Media Penghalang aliran 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

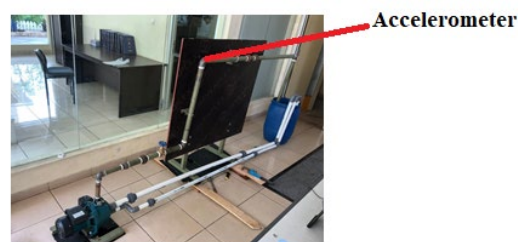
pada Gambar 4. Adapun Spesifikasi alat yang digunakan pada pengukuran adalah sebagai berikut:

1. *The accelerometer sensor serves to measure response vibration*



Gambar 2. Alat uji eksperimen getaran

2. *Type: Piezoelectric accelerometer*
3. *Frequency range : 2 – 10.000 Hz*
4. *Resonance frequency: >28 kHz*
5. *Transverse sensitivity: <5%*
6. *Accelerometer cable: 1.5 m*
7. *FFT portable type analyzer CF-3600A (4-ch) with touch panel computer utilizing simultaneous analysis and recording. The maximum range of frequency that can be analyzed is 40 kHz.*
8. *FFT is used as a spectrum analyzer and data acquisition.*



FFT Analyzer



Gambar 4. Pengukuran dan analisis data

HASIL DAN PEMBAHASAN

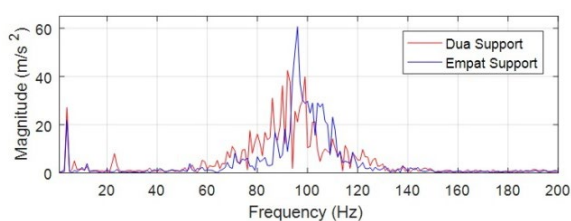
Eksperimen uji getaran pada pipa telah banyak dilakukan seperti pada eksperimen getaran pipa akibat pengaruh bukaan katup dan konfigurasi *support* untuk debit yang sama

dengan pengaturan putaran pompa, pada eksperimen tersebut diketahui bahwa konfigurasi support memberikan perubahan pada parameter getaran. Amplitudo dominan yang muncul berpindah ke frekuensi yang lebih tinggi dengan bertambahnya support yang digunakan (Rosyadi, 2019)

Pada eksperimen ini dilakukan uji bump test untuk mengetahui seberapa besar tingkat frekuensi pribadi yang terjadi dalam sistem pemipaan. Karakteristik dinamik pada pipa dapat dilakukan dengan mengukur fungsi respon frekuensi (FRF) dengan metoda uji bump test. Gaya eksitasi diberikan ke permukaan pipa dalam arah vertical. Response getaran yang diukur dilakukan pada arah sumbu x, y dan z. Pengambilan data dilakukan terhadap tiga titik pengukuran. Rentang frekuensi yang digunakan saat pengukuran adalah 1- 10kHz.

Karakteristik Dinamik Tanpa Penghalang Dengan Variasi Jumlah Support

Karakteristik dinamik pada pipa akibat jumlah support yang digunakan, menunjukkan bahwa pada penggunaan dua support muncul frekuensi lebih banyak dibandingkan dengan penambahan support menjadi empat support. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan support akan dapat mengurangi frekuensi yang dihasilkan. Pengaruh akibat pengaruh jumlah support dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. FRF analysis pipa vertikal sumbu X tanpa penghalang

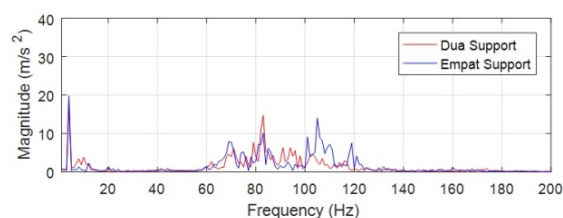
Pengaruh Debit Aliran Air Dengan Variasi Bukaannya Katup

Pipa berfungsi untuk mengalirkan air, oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian

pengaruh kecepatan air yang mengalir didalam pipa. Pada eksperimen ini terdapat dua buah kondisi bukaan katup yaitu bukaan katup penuh (0,76 m/ment) dan bukaan katup setengah (0,38 m/ment), dengan dan tanpa penghalang.

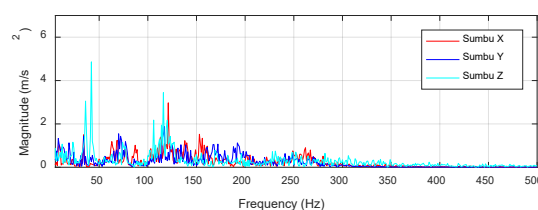
Bukaan Katup Penuh

Frekuensi pribadi pertama ketika menggunakan 4 support pada bukaan katup penuh menunjukkan terjadi penurunan amplitude pada frekuensi 5 Hz dimana amplitude saat digunakan 4 support turun menjadi 1,7 m/s² setelah sebelumnya saat menggunakan 2 support amplitudanya mencapai 4,2 m/s². Hal ini mengindikasikan terjadinya penurunan noise saat jumlah support ditambahkan.



Gambar 6. FRF analysis pipa vertikal sumbu X tanpa penghalang dengan bukaan katup penuh.

Akibat adanya penghalang menunjukkan bahwa pada sumbu Z, akibat adanya gaya lift pada penghalang menyebabkan frekuensi pada pipa semakin tinggi dan terdapat kenaikan frekuensi pada pipa akibat adanya penghalang.

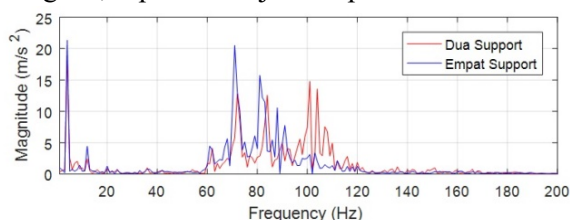


Gambar 7. Frekuensi akibat pengaruh penghalang pada pipa dengan bukaan katup penuh

Bukaan Katup Setengah

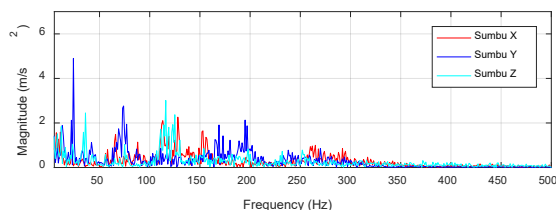
Pada bukaan katup setengah pada frekuensi 8 Hz terjadi penurunan amplitude menjadi 1,8 m/s² pada konfigurasi 4 support

setelah sebelumnya amplitude mencapai 2,4 m/s² pada konfigurasi 2 support. Bila dibandingkan dengan bukaan katup penuh, pada konfigurasi 2 support terjadi penurunan amplitude, sedangkan pada konfigurasi 4 support terjadi penurunan amplitude meskipun tidak signifikan. Hal ini dapat diartikan bahwa saat konfigurasi 4 support digunakan, maka noise yang terjadi akan berkurang atau mengecil, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. FRF analysis pipa vertikal sumbu X tanpa penghalang dengan bukaan katup setengah

Gambar 9 menunjukkan bahwa akibat adanya penghalang dengan kecepatan aliran air 0,38 m/menit diperlihatkan bahwa pada sumbu Y muncul frekuensi lebih banyak dibandingkan dengan sumbu yang lain ini menunjukkan arah gaya lift kearah sumbu Y lebih besar.



Gambar 9. Frekuensi akibat pengaruh penghalang pada pipa dengan bukaan katup setengah

KESIMPULAN

Getaran pada pipa menunjukkan bahwa pengaruh jumlah support akan mengakibatkan menurunnya jumlah frekuensi yang ditimbulkan baik dari pengujian karakteristik dinamik maupun akibat aliran fluida yang mengalir pada pipa. apabila di dalam pipa terjadi penyumbatan akan mengakibatkan frekuensi naik akibat adanya gaya lift yang ditimbulkan pada pipa,

sedangkan akibat gaya drag tidak begitu berpengaruh pada pipa.

DAFTAR PUSTAKA

- ASME. (2009). *LANL Engineering Standards Manual PD342*. Retrieved October 2020, from ASME B31.3 Process Piping Guide: <https://webstore.ansi.org/Standards/ASME/ASMEB312018>
- Family Handyman. (2020). *Family Handyman*. Retrieved from How to Use CPVC Plastic Plumbing Pipe: <https://www.familyhandyman.com/project/how-to-use-cpvc-plastic-plumbing-pipe/>
- Gunawan, Y. (2017). Teori Dasar Aliran Fluida. *Analisa distribusi tekanan udara yang melewati elbow 90**, 2.
- Nasution, H. (2008). Definisi Fluida. In H. Nasution, *Mekanika Fluida Dasar* (p. 1). Padang: Bung Hatta University Press.
- Rao, S. S. (2011). Basic Concepts of Vibration. In S. S. Lao, *Mechanical Vibration Fifth Edition* (p. 13). Miami: Pearson.
- Rina Sahaya, B. W. (2016). Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 5 No. 2. *Aliran Fluida Magnetohidrodinamik Viskoelatis*.
- Rosyadi. (2019). Studi Eksperimen Getaran Pipa Akibat Pengaruh Bukaan Katup Dan Konfigurasi Support Untuk Debit Yang Sama Dengan Pengaturan Putaran Pompa .
- Saha, S. (2012). World Journal of Mechanics. *A Time History Method for Analysing Operational Piping*.
- Septiyani, A. (2018). Proceeding 3rd Conference of Piping Engineering and its Application . *Analisa Dinamik pada Sistem Perpipaan akibat Getaran Pompa* .
- Shejal, P. P. (2014). International journal of Modern Engineering Research (IJMER). *Pulsation and Vibration*

- Study Of Reciprocating Compressor According To API 618 5th Edition.*
- Siemens PLM Software. (2017). *Causes of flow-induced vibration*. Retrieved October 27, 2020, from Siemens PLM Software: www.siemens.com/plm
- White, F. M. (2003). The Concept of a Fluid. In F. M. White, *Fluid Mechanics Fifth Edition* (p. 4). Boston: McGraw-Hill.
- Xiaonan Wu, H. L. (2014). Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. *Stress analysis of reciprocating pump pipeline system in oil station*.
- Yahya. (2018). Deteksi kebocoran dan sumbatan pada pipa menggunakan sinyal suara. *JOM FTEKNIK*.