

Rancang Bangun Alat Uji Vibrasi *Flow Induced Vibration* Berbasis Arduino Uno

Teddy Ardiansyah^{1*}, Muchamad Triaskoso², Ade Reza Ismawan³

^{1*}Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Indonesia

³Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Indonesia

Alamat: Moch. Kahfi II No. 30, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12630

Korespondensi penulis: teddy@istn.ac.id

Abstract. *Vibration is a common phenomenon in various mechanical and industrial systems. Vibration monitoring is crucial to prevent damage due to material fatigue and to ensure the operational stability of a system. However, conventional vibration detection tools, such as laser vibrometers, are expensive and difficult to access for users with limited budgets. Therefore, this research aims to design a low-cost vibration detection tool using Arduino Uno and the MPU6050 sensor as an economical alternative for vibration measurement. The research method includes hardware system design, sensor calibration, and experimental testing on a piping system with a vibration source from fluid flow. The MPU6050 sensor is used to capture acceleration data and vibration frequencies, which are then processed by the Arduino Uno and analyzed through Arduino IDE and Python software. Experiments were conducted by varying the pump flow speed and measuring the resulting vibrations. The main variables measured in this research are vibration frequency and amplitude. The research results show that the Arduino Uno and MPU6050-based system can detect vibrations effectively, with consistent data output that can be processed in real-time. The fluid flow speed in the pipe has been shown to affect the vibration intensity, with increased speed resulting in higher frequency and amplitude. Based on these results, the designed tool can serve as a low-cost alternative for vibration monitoring in small-scale applications.*

Keywords: *Arduino Uno, Flow Induced Vibration, Low Cost, MPU6050, Vibration*

Abstrak. Getaran merupakan fenomena yang umum terjadi pada berbagai sistem mekanik dan industri. Pemantauan getaran sangat penting untuk mencegah kerusakan akibat kelelahan material serta memastikan kestabilan operasional suatu sistem. Namun, alat deteksi getaran konvensional seperti laser vibrometer memiliki harga yang tinggi dan sulit diakses bagi pengguna dengan keterbatasan anggaran. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pendeteksi getaran berbiaya rendah menggunakan Arduino Uno dan sensor MPU6050, sebagai alternatif ekonomis untuk pengukuran getaran. Metode penelitian meliputi perancangan sistem perangkat keras, kalibrasi sensor, serta pengujian eksperimen pada sistem perpipaan dengan sumber getaran dari aliran fluida. Sensor MPU6050 digunakan untuk menangkap percepatan data dan frekuensi getaran, yang kemudian diolah oleh Arduino Uno dan dianalisis melalui software Arduino IDE dan Python. Eksperimen dilakukan dengan merubah variasi kecepatan aliran pompa dan mengukur getaran yang dihasilkan. Variabel utama yang diukur dalam penelitian ini adalah frekuensi dan amplitudo getaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis Arduino Uno dan MPU6050 mampu mendeteksi getaran dengan cukup baik, dengan output data yang konsisten dan dapat diolah secara real-time. Kecepatan fluida yang mengalir dalam pipa terbukti berpengaruh terhadap intensitas getaran, dengan peningkatan kecepatan menghasilkan frekuensi dan amplitudo yang lebih tinggi. Dengan hasil ini, alat yang dirancang dapat dijadikan sebagai alternatif berbiaya rendah dalam pemantauan vibrasi untuk skala kecil.

Kata kunci: *Arduino Uno, Biaya Rendah, Flow Induced Vibration, Getaran, MPU6050*

1. LATAR BELAKANG

Getaran atau vibrasi merupakan gerakan bolak-balik terhadap posisi kesetimbangan yang dikarakterisasikan oleh perubahan, kecepatan, dan akselerasi (Pavithra, 2016). Getaran merupakan salah satu aspek yang sangat diperhatikan pada mesin-mesin industri dan juga keadaan alam, yang berfungsi untuk memberi peringatan apabila telah melewati batas aman. Untuk mendeteksi getaran suatu objek atau keadaan alam diperlukan sensor getaran dengan resolusi yang tinggi. Sensor tersebut sebelum digunakan haruslah terlebih dahulu dikalibrasi agar bekerja sesuai dengan standar.

Begitu juga dengan getaran atau vibrasi yang disebabkan oleh aliran. Penelitian sebelumnya terkait *Flow Induced Vibration* (FIV) baik eksperimen maupun komputasi menyatakan bahwa FIV merupakan fenomena kompleks yang terjadi akibat interaksi antara fluida yang mengalir dengan suatu struktur yang dipengaruhi oleh pola aliran, void fraction, kualitas massa, struktur pipa, frekuensi natural dan rasio luas penampang yang menyebabkan timbulnya getaran (Bamidele, et. al., 2019; Bamidele, et. al., 2022; Miwa & Hibiki, 2025; Mousavisani et. al., 2024; Parameshwaran, et. al., 2016, Udoetok, 2018; Wu et. al., 2022). Fenomena ini sering terjadi dalam berbagai aplikasi industri, seperti pada sistem perpipaan jembatan, dan komponen-komponen. FIV dapat menyebabkan kelelahan material, peningkatan keausan, dan bahkan kegagalan struktur jika tidak dikendalikan dengan baik.

Menurut Haile, et al. (2022), FIV adalah salah satu fenomena yang diamati dalam aliran internal dan sering terjadi pada sistem proses, instalasi nuklir, pemipaan minyak, atau penukar kalor (*heat exchanger*). Vibrasi yang terjadi dalam sistem pemipaan tersebut dapat mengakibatkan efek-efek yang tidak diinginkan seperti resonansi yang mengakibatkan struktur pemipaan akan bervibrasi terus menerus sesuai dengan frekuensi naturalnya yang pada akhirnya menyebabkan kelelahan material dan kerusakan material apabila tidak ditangani secara baik. FIV juga mengakibatkan aliran fluida menjadi tidak stabil dan mengakibatkan ketidakstabilan sistem secara keseluruhan. Sehingga mitigasi terhadap FIV sangat penting agar struktur dari pipa dan sistem dapat terjaga.

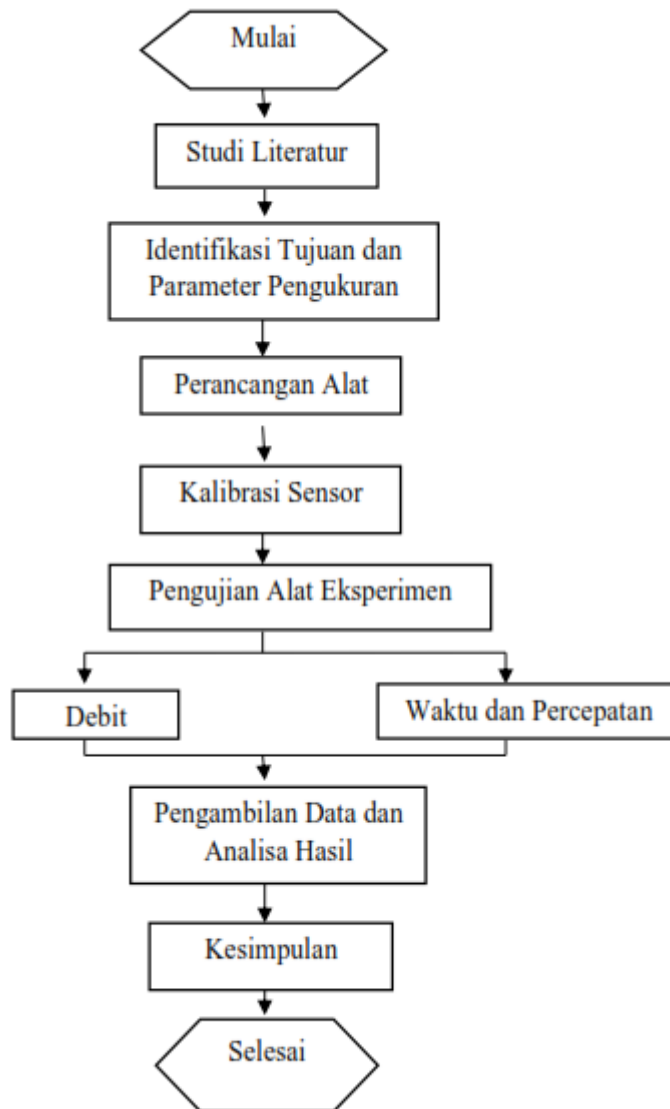
Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji alat uji getaran berbasis Arduino Uno dan sensor MPU6050 pada sistem perpipaan, dengan memvariasikan debit aliran pompa pada rentang 375 L/H sampai 3000 L/H, serta menganalisis keluaran berupa sinyal

percepatan terhadap waktu dan karakteristik frekuensi getaran yang terdeteksi pada pipa. Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan MEMS sensor untuk mendapatkan sinyal getaran FIV telah dilakukan oleh Iqbal, et. al. (2020) untuk mendeteksi getaran pada peralatan manufaktur. Namun peralatan yang digunakan masih tergolong mahal. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang lebih ekonomis dan mudah diterapkan untuk mengukur FIV secara *real-time* dengan biaya yang lebih terjangkau. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada rancang bangun alat pendeteksi getaran *low cost* dengan menggunakan sensor MPU6050 yang terjangkau di pasaran dan dikombinasikan dengan mikrokontroler Arduino Uno untuk menampilkan hasil pengukuran secara *real-time*.

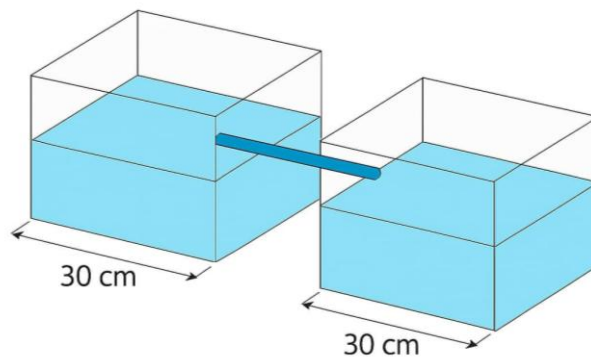
2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan merancang alat pendeteksi vibrasi, kalibrasi alat, serta pengujian alat yang sudah dirancang. Data yang divariasi adalah debit dari aliran air yang masuk ke dalam pipa. Data yang diambil adalah sinyal getaran terhadap waktu serta frekuensi dari getaran. Dari hasil data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis hasil untuk mengetahui perbedaan sinyal getaran dan frekuensi terhadap debit aliran air yang masuk ke dalam pipa.

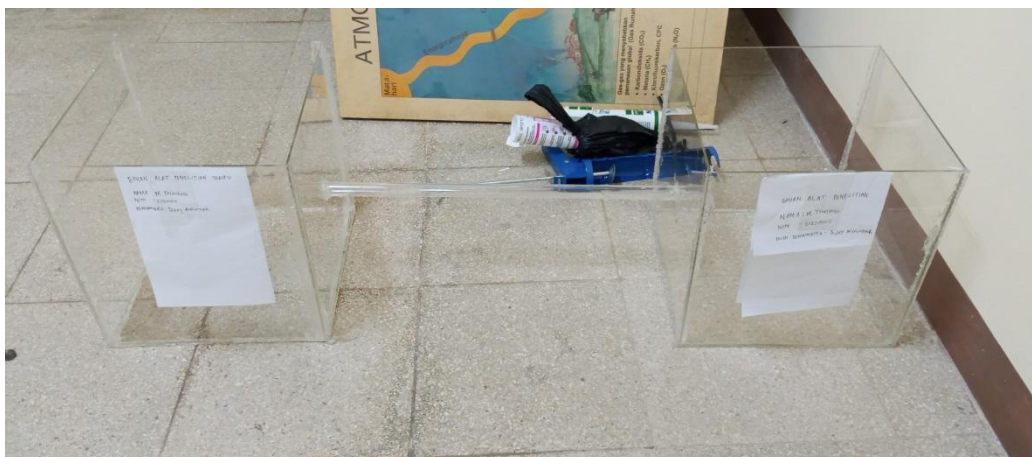
Gambaran umum dari tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini. Gambar ini menunjukkan proses mulai dari studi literatur, identifikasi tujuan dan parameter pengukuran, perancangan alat, kalibrasi, hingga pengambilan data. Gambar 2 dan 3 menunjukkan perancangan alat eksperimen untuk mensimulasikan aliran dalam pipa. Alat eksperimen ini dirancang dengan menggunakan pipa akrilik dengan panjang pipa 50 cm, dan diameter dalam pipa 16 mm. Aliran air yang melalui pipa disirkulasikan dengan menggunakan pompa yang kecepatannya bisa divariasi. Sensor MPU6050 dipasang di atas pipa untuk mendeteksi getaran pada sumbu X, Y, dan Z (InvenSense, 2013). Penempatan sensor diarahkan agar sumbu Y searah dengan arah aliran air keluar dari pipa, sumbu Z menghadap kebawah sehingga permukaan sensor bersentuhan langsung dengan pipa, dan sumbu X mengarah ke samping (gambar 4 dan 5). Peralatan ini kemudian disambungkan dengan komputer yang akan menampilkan getaran secara *real-time* pada antar muka Arduino Uno (Sokop, et. al., 2016) seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.



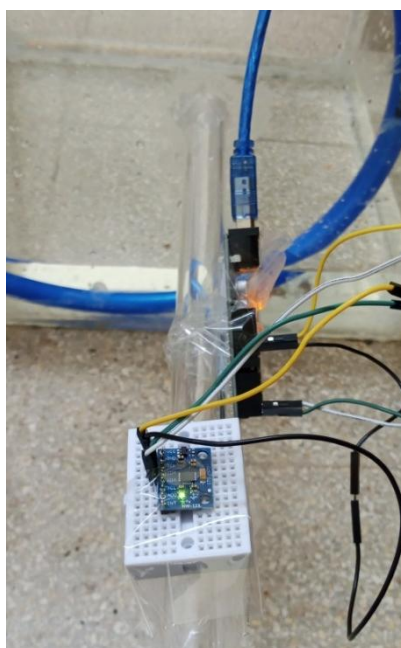
Gambar 1. Diagram alir penelitian.



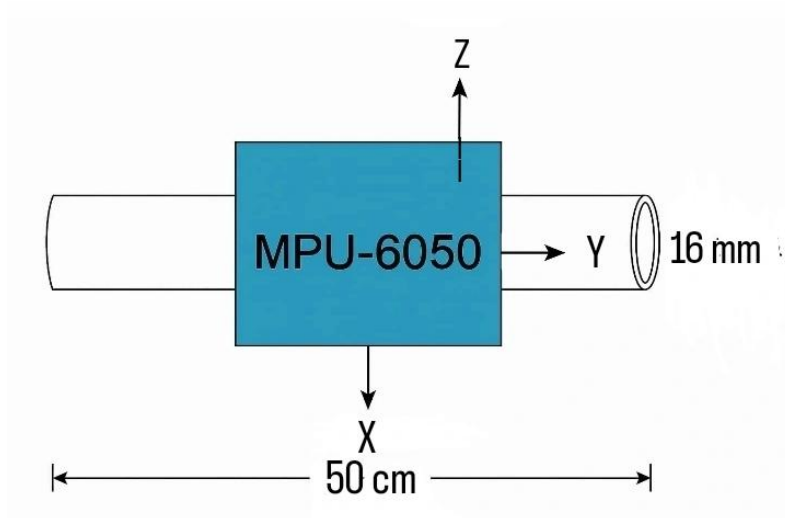
Gambar 2. Perancangan alat eksperimen dalam bentuk gambar 3D



Gambar 3. Perancangan alat eksperimen yang sudah jadi



Gambar 4. Letak sensor MPU6050 di pipa untuk menangkap getaran aliran dalam pipa.



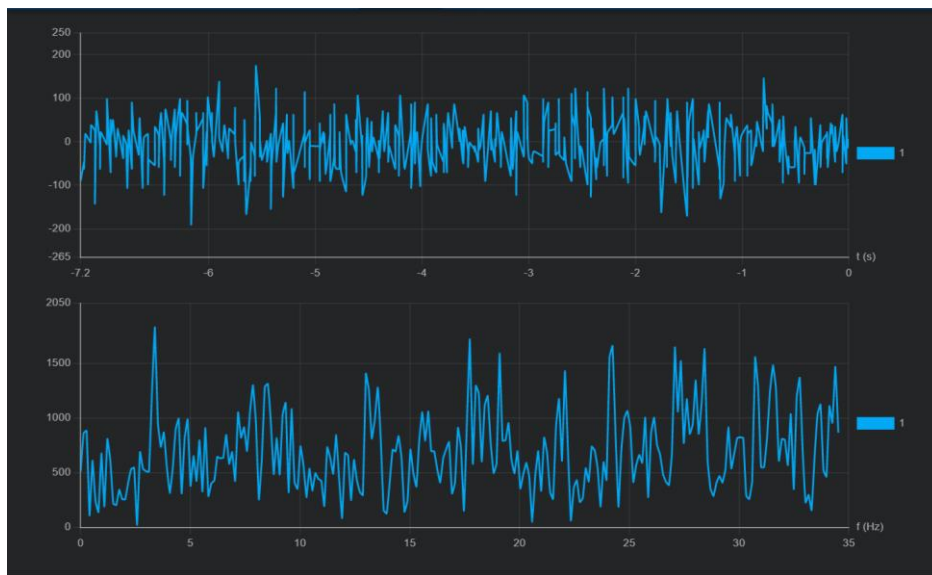
Gambar 5. Arah sumbu x, y, dan z pada pipa.



Gambar 6. Rangkaian keseluruhan alat eksperimen.

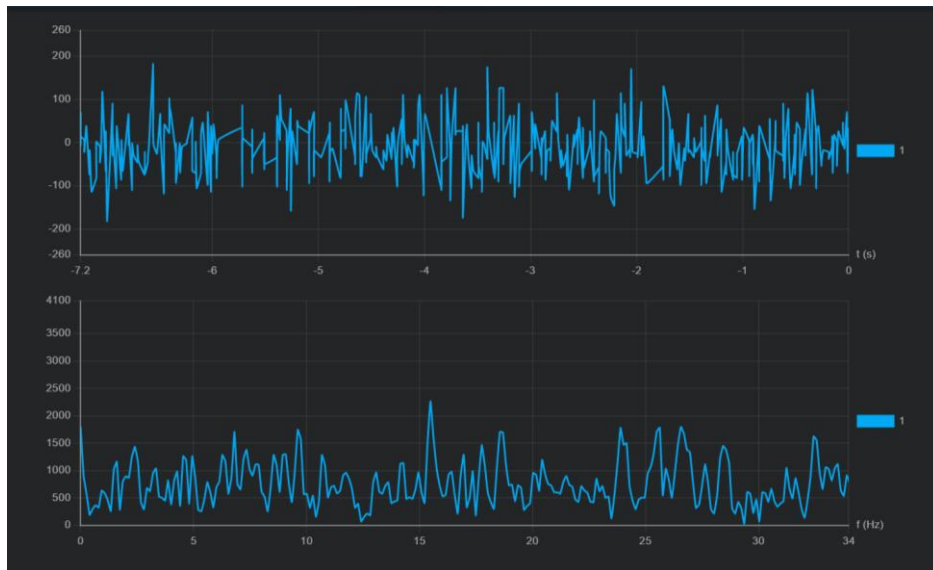
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 7 sampai dengan 14 memperlihatkan hasil eksperimen perubahan kecepatan aliran atau debit aliran terhadap sinyal vibrasi pada pipa yang dideteksi oleh sensor MPU6050 dalam bentuk percepatan (mm/s^2) dan frekuensi (Hz). Grafik tersebut diperoleh dengan merubah aliran atau debit aliran dari pompa mulai dari 375 L/H sampai dengan 3000 L/H. Gambar 7 menunjukkan grafik percepatan dan frekuensi untuk debit aliran 375 L/H. Dari grafik tersebut didapatkan bahwa pada debit 375 L/H percepatan yang dideteksi oleh sensor MPU6050 adalah sekitar 150 mm/s^2 . Grafik frekuensi juga memperlihatkan bahwa pada debit aliran ini didapatkan frekuensi puncak pada frekuensi sekitar 4, 8, 13, 17, 23, 25, 27, 33, dan 35 Hz. Kenaikan amplitudo paling signifikan terjadi pada frekuensi sekitar 4 Hz.



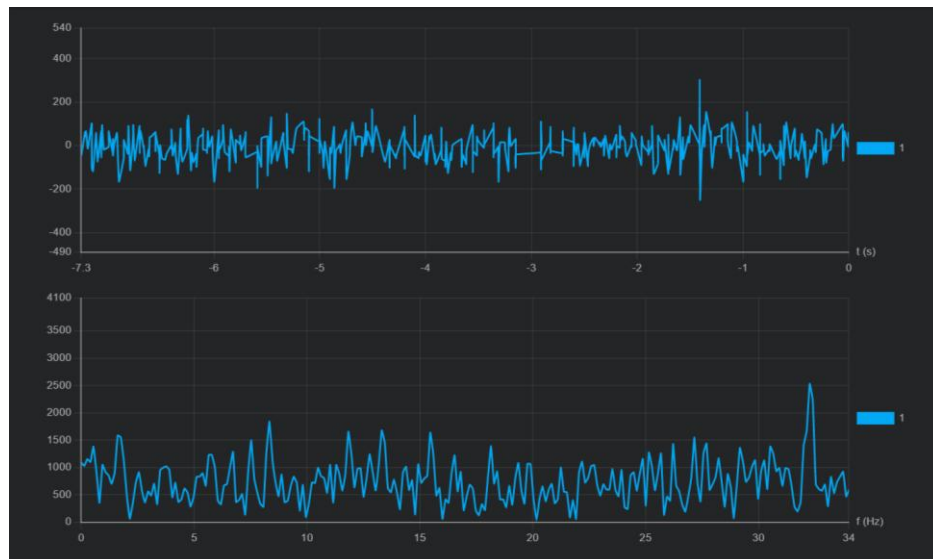
Gambar 7. Grafik percepatan (atas) dan frekuensi (bawah) untuk debit aliran 375 L/H.

Gambar 8 menunjukkan grafik percepatan dan frekuensi untuk debit aliran 750 L/H. Untuk data percepatan kurang lebih sama dengan data percepatan pada debit aliran 375 L/H, namun untuk frekuensi terlihat adanya kenaikan amplitudo paling signifikan pada frekuensi sekitar 15 Hz.



Gambar 8. Grafik percepatan (atas) dan frekuensi (bawah) untuk debit aliran 750 L/H.

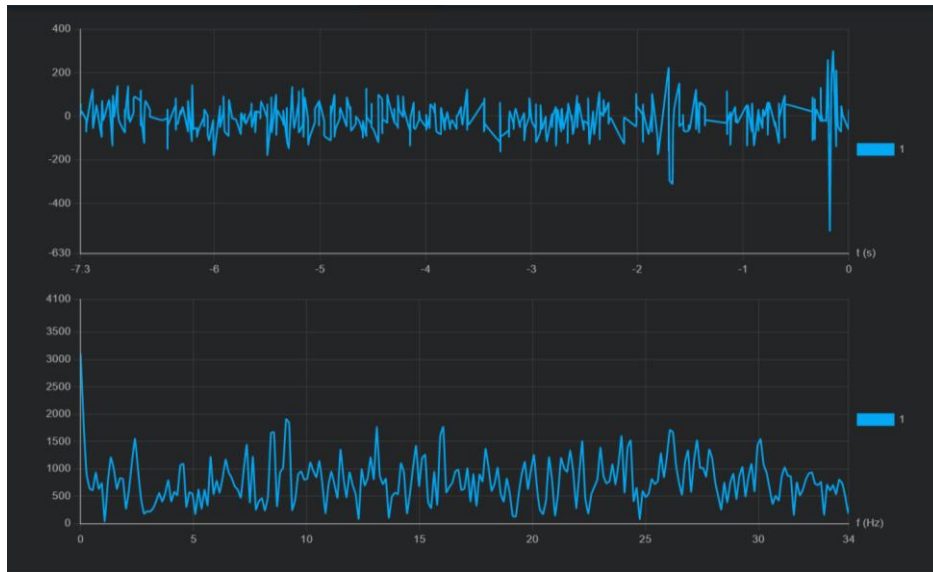
Gambar 9 menunjukkan grafik percepatan dan frekuensi untuk debit aliran 1125 L/H. Pada debit aliran ini percepatan mengalami kenaikan paling signifikan pada t sekitar 1.5 s dengan percepatan sekitar 300 mm/s^2 . Amplitudo frekuensi juga mengalami kenaikan signifikan pada frekuensi sekitar 33 Hz.



Gambar 9. Grafik percepatan (atas) dan frekuensi (bawah) untuk debit aliran 1125 L/H.

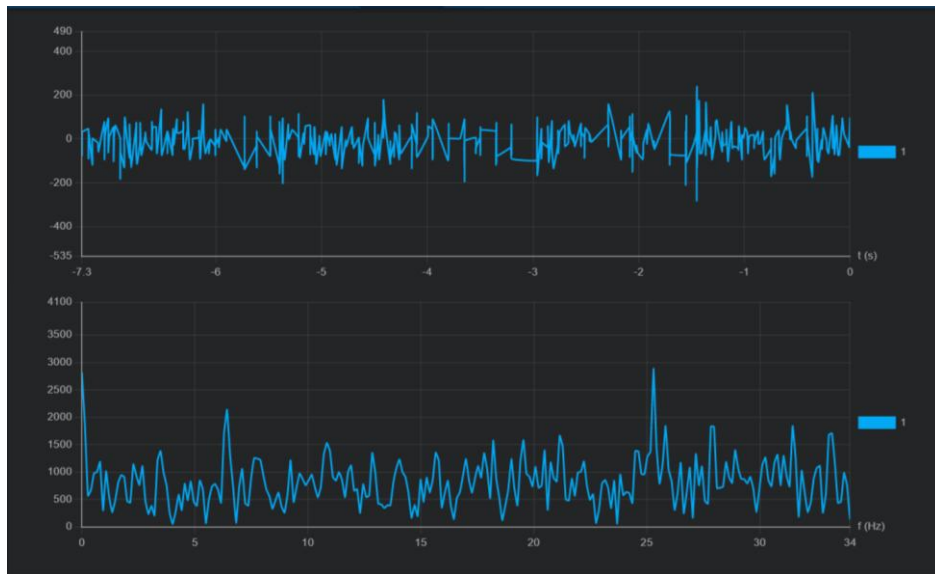
Gambar 10 menunjukkan grafik percepatan dan frekuensi untuk debit aliran 1500 L/H. Pada debit aliran ini percepatan mengalami kenaikan paling signifikan pada t sekitar

0.2 s dengan percepatan sekitar 500 mm/s^2 . Grafik frekuensi juga mulai menunjukkan peningkatan amplitudo pada frekuensi sekitar 25 Hz.



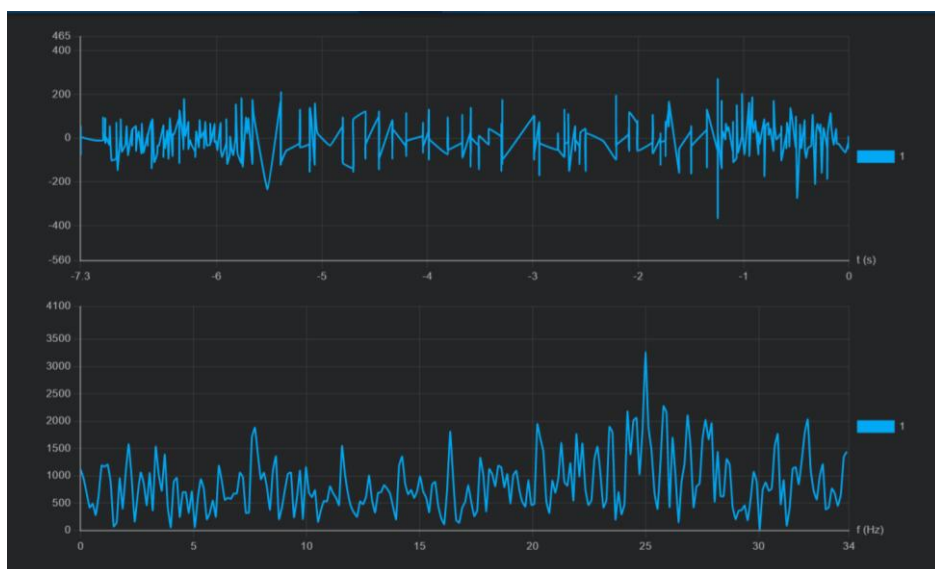
Gambar 10. Grafik percepatan (atas) dan frekuensi (bawah) untuk debit aliran 1500 L/H.

Gambar 11 menunjukkan grafik percepatan dan frekuensi untuk debit aliran 1875 L/H. Pada debit aliran ini percepatan yang dideteksi oleh sensor MPU6050 sudah mengalami saturasi dengan rata-rata percepatan berkisar antara 150 mm/s^2 . Kenaikan percepatan paling signifikan bisa dilihat pada t sekitar 1.5 s dengan percepatan sekitar 200 mm/s^2 . Pada debit aliran ini dapat dilihat bahwa frekuensi pada sekitar 25 Hz mulai mengalami kenaikan amplitudo dengan ditunjukkannya puncak sinyal pada frekuensi tersebut.

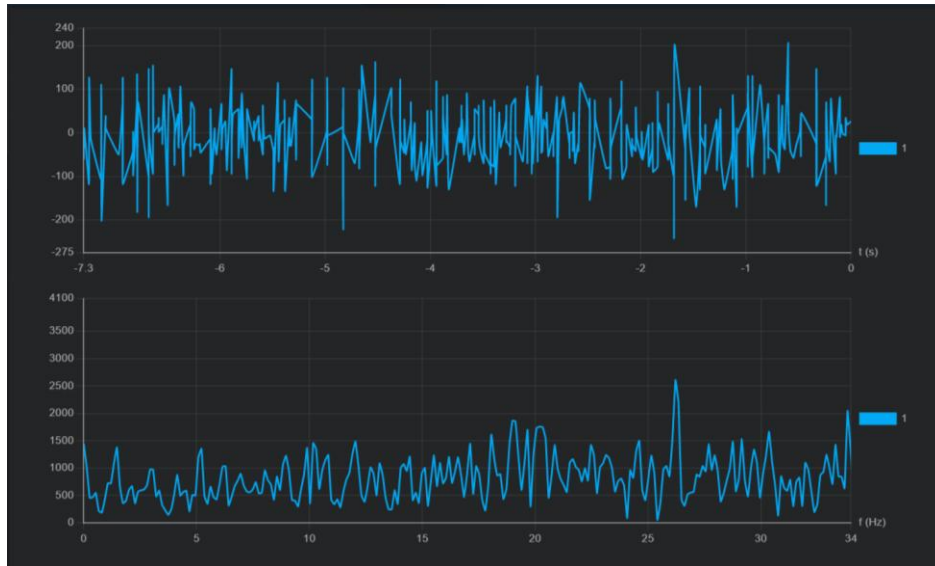


Gambar 11. Grafik percepatan (atas) dan frekuensi (bawah) untuk debit aliran 1875 L/H.

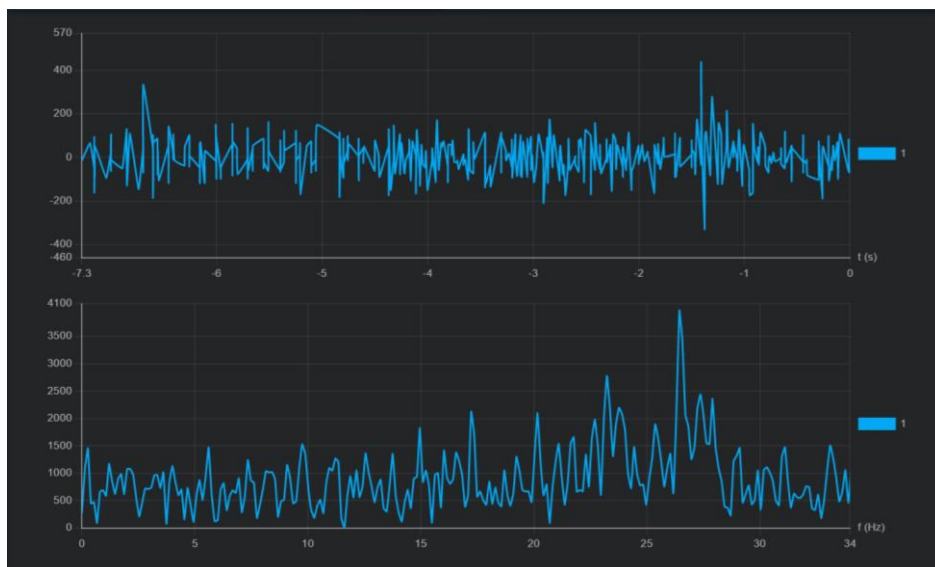
Gambar 12 sampai dengan 14 memperlihatkan bahwa percepatan yang dihasilkan oleh debit aliran 2250 L/H sampai dengan 3000 L/H tidak mengalami perbedaan signifikan. Hal ini mungkin diakibatkan oleh kemampuan sensor MPU6050 untuk mendeteksi percepatan sudah mengalami saturasi. Namun grafik frekuensi pada gambar 12 sampai dengan 14 memperlihatkan bahwa pada frekuensi sekitar 26 Hz mengalami kenaikan amplitudo paling signifikan dibandingkan frekuensi lainnya.



Gambar 12. Grafik percepatan (atas) dan frekuensi (bawah) untuk debit aliran 2250 L/H.



Gambar 13. Grafik percepatan (atas) dan frekuensi (bawah) untuk debit aliran 2625 L/H.



Gambar 14. Grafik percepatan (atas) dan frekuensi (bawah) untuk debit aliran 3000 L/H.

Peningkatan amplitudo yang konsisten pada frekuensi sekitar 25 hingga 26 Hz pada debit tinggi mengindikasikan adanya komponen eksitasi yang dominan pada rentang tersebut. Pada tahap ini, sumber puncak frekuensi tersebut belum dapat dipastikan hanya dari data yang disajikan, namun terdapat beberapa hipotesis yang relevan, yaitu karakteristik dinamik sistem pipa dan dudukan yang memiliki frekuensi alami pada rentang tersebut, eksitasi periodik dari pompa yang memunculkan komponen frekuensi dominan, atau penguatan respons akibat interaksi aliran-struktur pada kondisi turbulen yang semakin kuat pada debit tinggi. Untuk memverifikasi sumber dominan secara meyakinkan, diperlukan data tambahan seperti pengukuran getaran saat pompa beroperasi tanpa aliran di pipa, identifikasi frekuensi alami sistem pipa-dudukan melalui uji respons bebas atau uji tumbuk sederhana, serta pencatatan parameter operasi pompa yang dapat dikaitkan dengan komponen frekuensi eksitasi.

Dalam konteks eksperimen ini, sensor MPU6050 berhasil mendeteksi waktu dan percepatan yang bervariasi sesuai dengan debit aliran fluida. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor mampu menangkap respon getaran dari dinamika fluida, meskipun akurasi absolutnya belum bisa dibandingkan secara langsung dengan sensor getaran yang digunakan pada industri. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sensor MPU6050 dengan mikrokontroler Arduino Uno dapat digunakan sebagai alat pengukur getaran atau vibrasi yang cukup valid, terutama dalam lingkungan eksperimen berskala kecil atau laboratorium.

Berdasarkan hasil perhitungan, jenis aliran yang melalui pipa pada eksperimen ini adalah aliran turbulen. Aliran turbulen adalah aliran yang mempunyai sifat acak, tidak seragam dan berfluktuasi terhadap waktu. Untuk debit pertama dengan 375 L/H dari hasil perhitungan didapatkan bilangan Re sebesar 8283. Dan dari hasil akhir perhitungan untuk debit terakhir sebesar 3000 L/H didapatkan bilangan Re sebesar 66199. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua aliran tersebut adalah aliran turbulen karena bilangan Reynolds-nya lebih besar dari 4000. Pada kondisi aliran turbulen, aliran fluida akan bergerak acak dan fluktuatif. Gerakan acak ini menyebabkan getaran yang dihasilkan menjadi lebih besar dibandingkan pada kondisi bilangan Re rendah yang merupakan aliran laminar. Sehingga pada debit tinggi karena pengaruh dari turbulensi yang sangat signifikan menyebabkan getaran/vibrasi yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini ditandai

dengan grafik percepatan dan frekuensi yang semakin meningkat dengan meningkatnya kecepatan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Perancangan alat uji vibrasi *low cost* aliran dalam pipa (*flow induced vibration*) sudah selesai dibuat dan dilakukan eksperimen secara langsung untuk dianalisis kinerjanya. Dari hasil eksperimen didapatkan bahwa alat uji vibrasi *low cost* dengan menggunakan sensor MPU6050 dan mikrokontroler Arduino Uno mampu mendeteksi sinyal getaran atau vibrasi pada pipa yang dihasilkan oleh debit aliran fluida. Hasil yang didapatkan menunjukkan kenaikan percepatan dan frekuensi ketika terjadi getaran atau vibrasi pada pipa. Sehingga alat ini cukup valid untuk mendeteksi getaran atau vibrasi, terutama dalam lingkungan eksperimen skala kecil atau dalam skala laboratorium.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) ISTN atas dana Hibah Internal ISTN Periode Ganjil, Tahun 2024/2025.

DAFTAR REFERENSI

- Bamidele, O. E., Ahmed, W. H., Hassan, M. (2019). Two-phase flow induced vibration of piping structure with flow restricting orifices. *International Journal of Multiphase Flow*, 113.
- Bamidele, O. E., Ahmed, W. H., Hassan, M. (2022). Characterising two-phase flow-induced vibration in piping structure with U-bends. *International Journal of Multiphase Flow*, 151.
- Haile, S. G., Woschke, E., Tibba, G. S., & Pandey, V. (2022). Internal two-phase flow induced vibrations: A review. *Cogent Engineering*, 9(1), 1–32. <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2146699>
- Iqbal, A., Mian, N. S., Longstaff, A., & Fletcher, S. (2020, June 12). Performance evaluation of low-cost vibration sensors in precision manufacturing applications.

- In *Proceedings of the 20th International Conference of the European Society for Precision Engineering and Nanotechnology (EUSPEN 2020)* (pp. 535–538). European Society for Precision Engineering and Nanotechnology.
- Miwa, S., & Hibiki, T. (2025). Flow-induced vibration of separated two-phase flow at flow-turning element. *Physics of Fluids*, 37(4), 042121. <https://doi.org/10.1063/5.0200678>
- MPU-6000 and MPU-6050 product specification (Rev. 3.4). (2013). InvenSense.
- Mousavisani, S., Samandari, H., & Seyed-Aghazadeh, B. (2024). Experimental investigation of flow-induced vibration and flow field characteristics of a flexible triangular cylinder. *Journal of Fluid Mechanics*, 979, A29. <https://doi.org/10.1017/jfm.2023.1005>
- Parameshwaran, R., Dhulipalla, S. J., (2016). Fluid-structure interactions and flow induced vibrations: A Review. *Procedia Engineering*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.05.124>
- Pavithra. (2016). *Fundamentals of vibration* [Manuscript]. Academia.edu. https://www.academia.edu/30459728/Fundamentals_of_Vibration
- Sokop, S. J., Mamahit, D. J., Sompie, S. R. U. A., & Mamahit, S. (2016). Trainer periferifal antarmuka berbasis mikrokontroler Arduino Uno. *Elektronika dan Komunikasi Unsrat*, 2(2), 45-52.
- Udoetok, E. S. (2018). Internal fluid flow induced vibration of pipes. *Journal of Mechanical Design and Vibration*, 6(1), 1-8.
- Wu, Y., Cheng, Z., McConkey, R., Lien, F.-S., & Yee, E. (2022). Modelling of flow-induced vibration of bluff bodies: A comprehensive survey and future prospects. *Energies*, 15(22).