

PROTOTYPE MESIN ALAT UJI SKALA KECIL UNTUK PENGUKURAN GETARAN PADA BANTALAN

Salman*, Sugiman, Emmy Diah Sulistyowati, Nurchayati, Sarah Saravina Salman
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

*Corresponding Author Email: salman@unram.ac.id

ABSTRAK.

Poros yang berputar pada bantalan menerima sejumlah tegangan yang berulang dan bekerja pada saat yang bersamaan, yang menyebabkan poros tersebut bengkok pada putaran kritis. Gerakan yang berulang pada interval waktu tertentu akan menimbulkan getaran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur nilai getaran bantalan akibat poros yang berputar menggunakan perangkat accelerometer dan sensor Arduino. Metode yang digunakan adalah dengan membangun suatu perangkat pembuatan miniatur mesin putar yang digunakan untuk mensimulasikan getaran mesin. Accelerometer ADXL345 mengukur besarnya getaran yang terjadi pada poros yang berputar. Arduino Uno menjadi pengakuisisi data yang diperoleh dari ADXL345. Nilai amplitudo, kecepatan, percepatan dan frekuensi diukur berdasarkan nilai putaran. Ditemukan nilai kecepatan, percepatan, frekuensi dan amplitudo terbesar diperoleh pada posisi titik radial Y1.

Keyword: Poros berputar, Bantalan, Getaran, Akselerometer, Arduino

1. PENDAHULUAN

Rangkaian poros dan bantalan merupakan bagian yang berputar yang melekat pada elemen-elemen seperti roda gigi, katrol, roda gila, engkol, dan elemen-elemen pemindah daya lainnya. Poros dapat menerima beban lentur, tarik, tekan, maupun puntir, yang bekerja sendiri-sendiri maupun bersama-sama. Apabila beban-beban tersebut bekerja bersama-sama, maka tegangan statis, tegangan bolak-balik, dan tegangan berulang akan bekerja secara bersamaan (Susilowati dkk, 2016).

Poros yang berputar sebenarnya tidak berada pada posisi lurus, melainkan berputar pada posisi melengkung. Pada titik putaran tertentu, kelengkungan poros mencapai nilai maksimumnya. Putaran yang menyebabkan kelengkungan poros mencapai nilai maksimumnya disebut putaran kritis. Kondisi ini disebut efek poros berputar (Zainal dkk, 2017).

Pada bagian bantalan dan poros yang berputar, biasanya terjadi gerakan baik dalam skala kecil maupun besar akibat adanya beban pada poros. Apabila gerakan tersebut berulang-ulang pada interval waktu tertentu, maka gerakan tersebut disebut getaran (Amiruddin dkk, 2023). Akibat dari getaran yang terjadi pada poros, dapat merusak komponen-komponen mesin dan menimbulkan gaya-gaya yang tidak diinginkan. Selain getaran yang disebabkan oleh pembebanan, terdapat pula lendutan poros yang akan diukur dari besarnya lendutan yang terjadi dan juga putaran poros akibat variasi panjang dan berat massa beban piringan (Kalili dkk, 2022).

Pengukuran getaran merupakan salah satu pengukuran yang paling umum dilakukan dalam memantau kondisi mesin yang berputar. Semakin tinggi nilai getaran yang terukur menunjukkan bahwa gangguan tersebut kemungkinan dapat menyebabkan kerusakan pada mesin (Endriatno, 2012). Pemilihan parameter getaran yang akan diukur menentukan jenis sensor yang digunakan. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan objek yang diukur dan untuk kemudahan penggunaan. Sensor arus eddy merupakan sensor yang umum digunakan untuk parameter perpindahan, umumnya digunakan untuk mengukur perpindahan poros relatif terhadap rumah

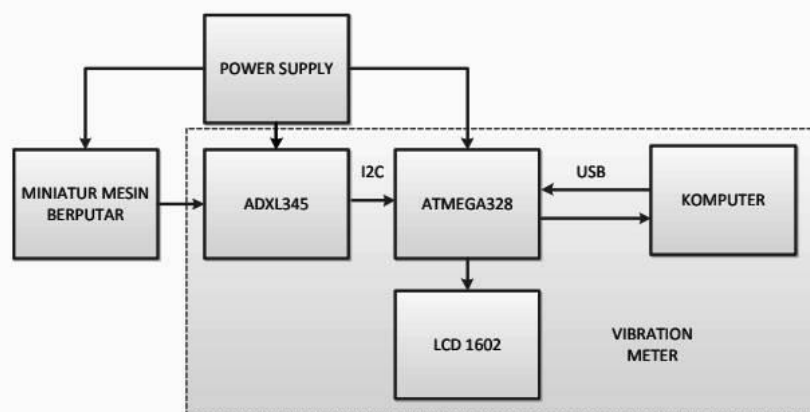
bantalan (Nugroho, 2022). Sensor kecepatan kumparan ayun merupakan sensor yang umum digunakan untuk parameter kecepatan. Sedangkan untuk parameter percepatan biasanya menggunakan sensor piezoelectric accelerometer. Dua sensor terakhir biasanya digunakan untuk mengukur getaran pada rumah bantalan (Mahmudin, 2023).

Penelitian tentang pengukuran getaran masih terbuka luas mengingat banyaknya komponen pada mesin yang bergerak. Selain itu, pengaruh getaran terhadap kinerja mesin juga masih memerlukan penelitian yang mendalam, terutama banyaknya faktor penentu yang terlibat, meliputi jenis material, jenis peredam, dan sebagainya (Poernomo, 2015). Oleh karena itu, pada penelitian ini dikembangkan prototipe alat ukur getaran mesin dengan menggunakan sensor accelerometer MEMS ADXL345. Dengan menggunakan pengukuran berbasis Arduino, hasil pengukuran diolah dan ditampilkan pada LCD dan PC. Pada PC, digunakan software Megunolink untuk memplot data pengukuran (Rafika dkk, 2024). Dibuat pula miniatur mesin putar untuk mensimulasikan pengaruh putaran mesin terhadap hasil pengukuran.

2. METODE

Desain sistem pengukuran diilustrasikan melalui diagram blok desain, yang berfungsi sebagai komponen penting dalam proses pembuatan dan produksi instrumen pengukuran getaran (Gambar 1). Mesin putar mini digunakan untuk mereplikasi getaran yang mungkin timbul dalam kondisi standar dan atipikal. Akselerometer ADXL345 mendeteksi intensitas getaran yang ada dalam mesin putar mini ini. Arduino Uno berfungsi sebagai prosesor sinyal, memfasilitasi perolehan data dari ADXL345 (Ferrina dkk, 2022). LCD terintegrasi dengan Arduino untuk berfungsi sebagai tampilan, sementara Megunolink digunakan sebagai perangkat lunak untuk visualisasi data pada komputer.

Akselerometer dipasang pada mesin berputar untuk mendeteksi amplitudo getaran berdasarkan parameter percepatan. Data yang diperoleh dari proses penginderaan ini kemudian dianalisis oleh mikrokontroler, yang kemudian menyajikan hasil pengukuran dalam bentuk grafik komputer.



Gambar 1 Desain sistem pengukuran getaran.

2.1 Bahan dan Alat

Alat dan bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Perangkat keras meliputi sensor akselerometer ADXL345, Arduino Uno R3, layar karakter LCD 2x16, transformator, dan komponen lainnya.

- b. Perangkat lunak meliputi Arduino Integrated Development Environment (IDE), Megunolink, dan PCB Wizard.

2.2 Desain Mekanis

Proses desain mekanis melibatkan pengembangan mesin putar berskala kecil, yang kemudian digunakan untuk mereplikasi getaran mesin (lihat Gambar 2).

Konstruksi mesin putar mini melibatkan beberapa komponen utama, termasuk motor DC, bantalan, rumah bantalan,udukan motor, bandul pengganggu, kopling, dan alas atau tatakan gelas. Secara khusus, motor DC 6V digunakan, disertai bantalan yang memiliki diameter luar 22 mm dan diameter dalam 10 mm.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Motor DC 6 volt, 32 watt, 6000 rpm.
- b. Poros yang terbuat dari baja ST 52.
- c. Pengatur putaran motor (PID) untuk mengatur kecepatan putaran motor.
- d. Takometer untuk mengukur kecepatan putaran rotor penggerak.
- e. Sensor inframerah.
- f. Kamera untuk keperluan dokumentasi.
- g. Penggaris untuk mengukur panjang poros dan jarak beban yang diberikan.
- h. Gerinda untuk memotong poros, besi padat, dan material lainnya.
- i. Kunci inggris untuk membuka dan menyetel poros penyangga bantalan agar sesuai dengan panjang poros.

2.3 Prosedur Penelitian

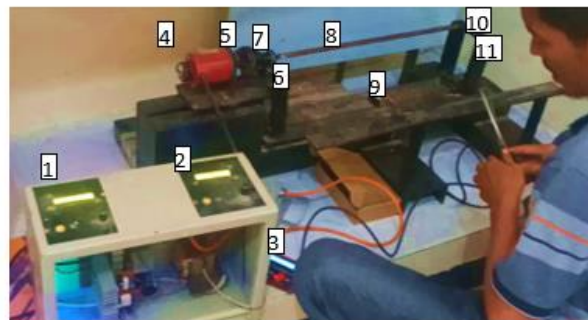
Rumah bearing sebagai tempat bearing diposisikan secara kokoh sehingga putaran poros pada bearing dapat berjalan sebagaimana mestinya tanpa ada gangguan. Bearing yang digunakan pada penelitian ini adalah bearing dengan ukuran diameter luar 22 mm dan diameter dalam 10 mm dengan ketebalan 10 mm. Sensor akselerometer ditempatkan pada rumah bearing sehingga ukuran rumah bearing harus disesuaikan dengan ukuran sensor akselerometer. Ukuran sensor akselerometer ADXL345 yang digunakan adalah 1,2 x 1,5 cm maka dipilih tebal plat yang digunakan adalah 1,2 cm.

Perancangan perangkat elektronik yang terdiri dari perancangan rangkaian power supply, perancangan rangkaian sensor ADXL345, perancangan rangkaian LCD. Dibutuhkan rangkaian catu daya untuk mengubah arus AC menjadi DC. Kebutuhan catu daya eksternal untuk board arduino uno adalah 7 – 12 V, untuk catu daya motor DC 6 V dengan tegangan maksimal 7,5 V.

Pada perancangan bagian elektronika diperlukan pembuatan PCB (*Printed Circuit Board*) yang dapat menghubungkan setiap bagian elektronik menjadi satu rangkaian yang fungsional. Teknik pembuatan PCB pada penelitian ini adalah menggambar rancangan PCB dengan bantuan software PCB wizard. Hasil rancangan PCB kemudian dicetak ke dalam kertas foto menggunakan printer laser. Penggunaan kertas foto dan

printer laser dimaksudkan agar hasil rancangan PCB yang berupa pola pengawatan dapat ditempelkan pada CCB.

Tahapan proses read dan write diterjemahkan ke dalam listing program. Selanjutnya pembacaan register. Proses pembacaan menggunakan metode multi-byte reading. Data disimpan dalam array buffer yang terdiri dari 6 byte. Pengkonversian data integer menjadi nilai akselerasi dilakukan dengan mengalikan nilai integer dengan range/resolusi. Selanjutnya menampilkan ke dalam media display LCD karakter 1602 yang dipasang bersama mikrokontroler. Format karakter LCD yang menampilkan nilai akselerasi pada x-axis, y-axis dan z-axis. Penampil lain yang digunakan untuk menampilkan data menjadi sebuah grafik adalah Megunolink



Keterangan :

- | | | |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. Display RPM. | 6. Akselerometer arduino 1. | 10. Akselerometer arduino 2 |
| 2. Display defleksi. | 7. Bantalan 1 | 11. Bantalan 2. |
| 3. Kontrol defleksi. | 8. Poros. | |
| 4. Motor . | 9. Sensor defleksi. | |

Gambar 2 Perakitan komponen pengukuran amplitudo getaran dan defleksi poros.

2.3 Teknik Analisis Data

Proses analisis untuk mengolah data yang digunakan adalah:

a. Analisis eksplorasi

Bertujuan untuk mencari hubungan antara variabel data yang mungkin belum diketahui. Analisis ini memungkinkan mendapatkan hubungan baru dari setiap variabel untuk membentuk hipotesis demi tes yang akan dilakukan di fase selanjutnya.

b. Analisis regresi

Yaitu jenis analisis data untuk mengetahui hubungan antara variabel data yang dependen dan independen. Teknik ini bisa digunakan untuk memprediksi nilai dalam data set tertentu.

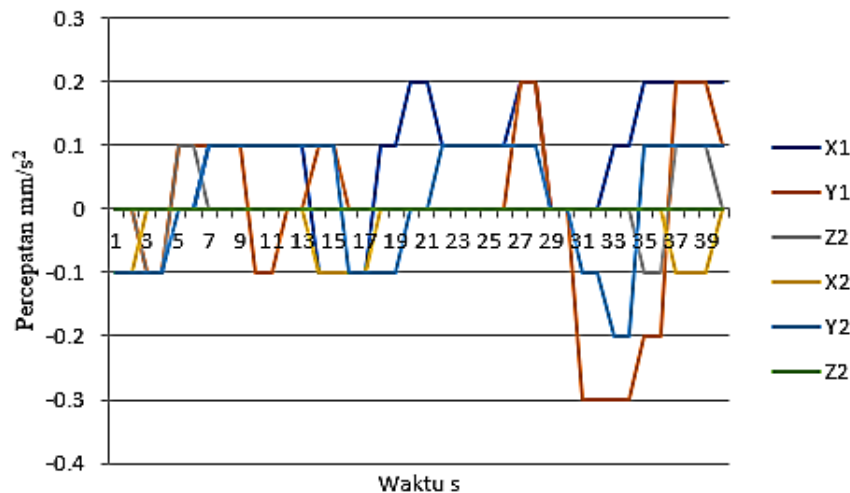
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melakukan pengujian performa poros berputar pada dua buah bantalan peluru yang menumpu poros sepanjang 40 cm. Arduino dipasang tetap pada kedua buah titik di sisi rumah bantalan. Pengambilan data getaran dilakukan selama

25 detik mencakup 100 nilai percepatan itu artinya alat mencatat nilai getaran setiap 0,25 detik.

Tabel 1. Nilai percepatan pada dua spot rumahan bantalan dalam arah aksis x, y dan z.

Waktu (det)	Arah aksis					
	x ₁	y ₁	z ₁	x ₂	y ₂	z ₂
1	0.1	-0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
2	0.1	-0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
4	0.1	0.0	0.0	-0.0	0.1	0.0
5	0.1	0.0	0.0	-0.0	0.1	0.0
6	0.2	0.2	0.0	-0.0	0.1	-0.0
7	0.2	0.2	0.0	-0.0	0.1	-0.0
8	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0
9	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0
10	0.0	-0.3	-0.0	-0.0	-0.1	-0.0
11	0.0	-0.3	-0.0	-0.0	-0.1	-0.0
12	0.1	-0.3	0.0	-0.0	-0.2	-0.0
13	0.1	-0.3	0.0	-0.0	-0.2	-0.0
14	0.2	-0.2	-0.1	-0.0	0.1	0.0
15	0.2	-0.2	-0.1	-0.0	0.1	0.0
16	0.2	0.2	0.1	-0.1	0.1	-0.0
17	0.2	0.2	0.1	-0.1	0.1	-0.0
18	0.2	0.2	0.1	-0.1	0.1	-0.0
19	0.2	0.1	-0.0	-0.0	0.1	0.0
20	0.2	0.1	-0.0	-0.0	0.1	0.0
21	0.3	-0.0	0.0	-0.1	0.1	-0.1
22	0.3	-0.0	0.0	-0.1	0.1	-0.1
23	0.1	-0.0	-0.0	0.1	0.1	0.0
24	0.1	-0.0	-0.0	0.1	0.1	0.0
25	-0.1	0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.0
26	-0.1	0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.0
27	0.1	0.2	0.0	-0.0	-0.1	0.0
28	0.1	0.2	0.0	-0.0	-0.1	0.0
29	0.1	0.3	0.1	-0.0	-0.0	-0.0
30	0.1	0.3	0.1	-0.0	-0.0	-0.0
31	0.1	0.1	-0.0	-0.0	0.1	-0.0
32	0.1	0.1	-0.0	-0.0	0.1	-0.0
33	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.1	0.0
34	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.1	0.0
35	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.1	0.0
36	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.1	-0.0
37	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.1	-0.0



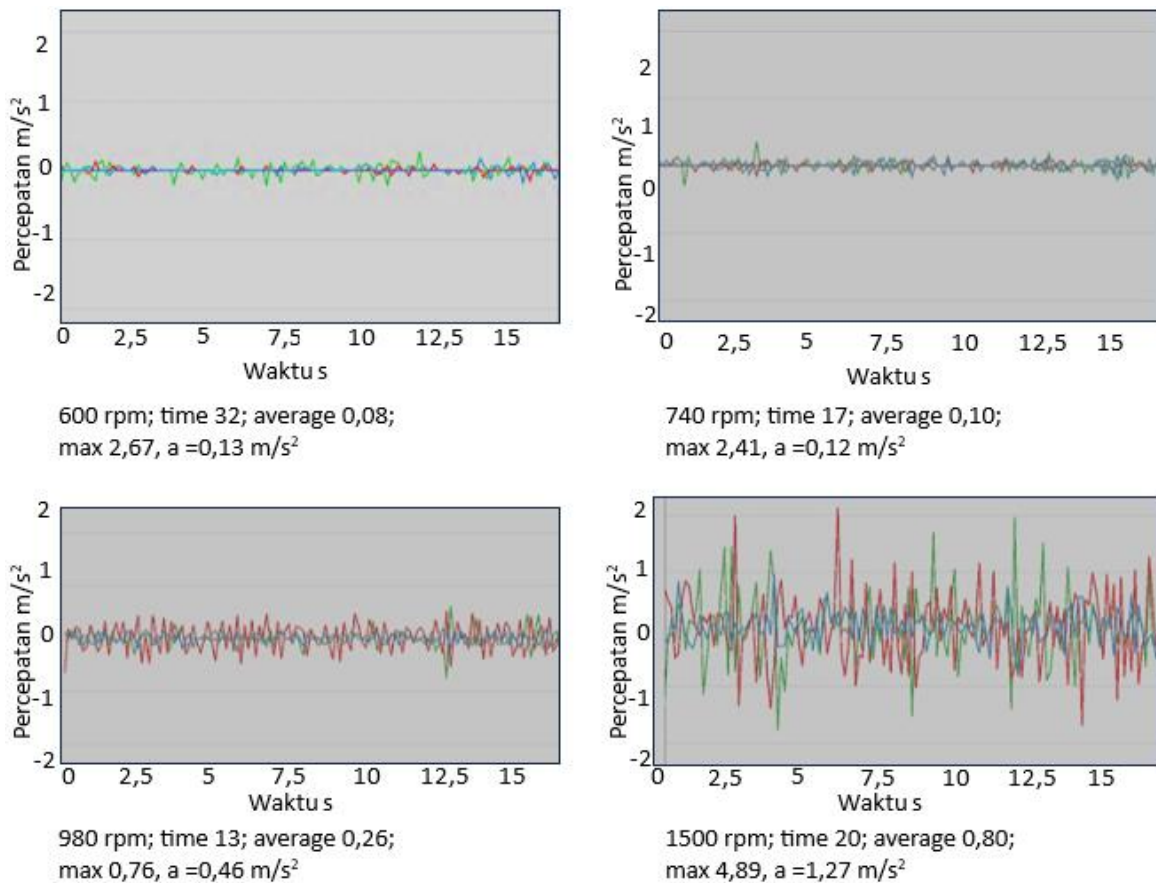
Gambar 3. Hubungan antara percepatan dan waktu pada dua bantalan pada posisi aksis x,y, dan z dengan kecepatan motor 1400 rpm.

Namun dalam table hanya ditampilkan data sampai 37 saja karena hal ini sudah cukup dianggap mewakili fenomena yang akan dianalisa.

Nilai getaran di Table 1 diperoleh dari dua spot tersebut, menampilkan data nilai percepatan dari hasil uji nilai getaran pada bantalan yang menumpu poros berputar pada putaran motor 1400 rpm. Rentang variasi percepatan adalah 0 hingga 0,3 mm/s². Ini termasuk dalam kategori stabil. Nilai percepatan rentan terhadap fluktuasi, kecuali putaran yang melebihi 1500 rpm. Nilai percepatan diukur pada tiga arah sumbu yaitu x, y dan z. Pada Gambar 3 sumbu-y diwakili oleh warna oranye sekaligus menunjukkan nilai percepatan terbesar dari putaran poros yang tidak stabil. Sedangkan nilai percepatan terendah diperoleh pada sumbu-x yang diwakili oleh warna kuning yaitu 0,1 mm/s².

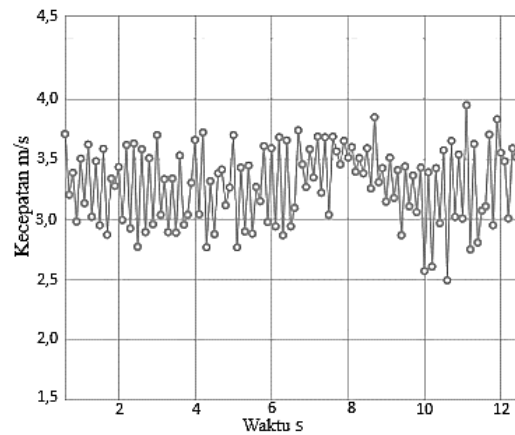
Nilai percepatan getaran untuk semua sumbu aksis x, y dan z cenderung meningkat seiring bertambahnya putaran motor. Percepatan terbesar diperoleh pada putaran 1500 rpm sebesar 1,27 m/s² (Gambar 4).

Sedangkan perbandingan nilai kecepatan getaran hanya diambil pada satu spot rumah bantalan. Pada poros dikenakan putaran motor yang bervariasi dari 600, 740, 800 hingga 1500 rpm. Pengamatan dilakukan selama rentang waktu 15 detik. Dari hasil pengukuran kecepatan getaran terlihat peningkatan kecepatan seiring bertambahnya putaran. Kecepatan rata-rata terendah pada putaran 600 rpm adalah 0,13 m/s sedangkan kecepatan rata-rata tertinggi pada putaran 1500 rpm adalah 1,27 m/s (Gambar 5).

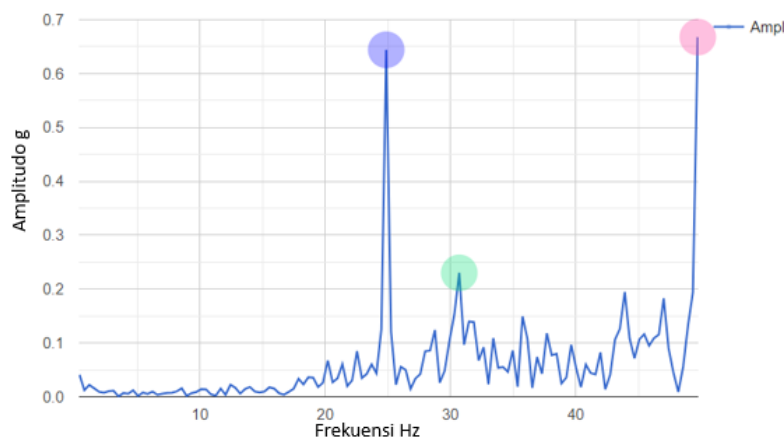


Gambar 4 Nilai percepatan getaran berdasarkan putaran motor.

Sedangkan nilai amplitudo ditunjukkan pada Gambar 6 menurut frekuensi getaran. Amplitudo getaran adalah jarak pergerakan gelombang dari posisi awal atau posisi keseimbangannya. Namun dalam pengujian ini nilai amplitudo diukur dengan satuan g dinyatakan dalam satuan metrik (m/s^2) atau satuan konstanta gravitasi g, di mana $1 g = 9,81 m/s^2$. Amplitudo menunjukkan karakteristik kekuatan getaran yang terjadi. Semakin tinggi amplitudo, menunjukkan semakin kuat getaran yang terjadi. Salah satu metode kuantifikasinya mencakup nilai frekuensi getaran. Nilai amplitudo ditunjukkan pada setiap putaran motor yang bervariasi. Semakin besar putaran motor maka semakin besar pula nilai amplitudo. Nilai amplitudo terbesar diperoleh pada putaran 1500 rpm yaitu sebesar 0,67 g. Nilai frekuensi menunjukkan gejala yang fluktuatif. Nilai frekuensi terendah diperoleh pada putaran 600 nilai frekuensi yaitu sebesar 33,43 Hz sedangkan terbesar pada putaran 1500 rpm nilai frekuensi yaitu sebesar 49,75 Hz. Sehingga secara eksperimental nilai rata-rata kecepatan, percepatan, amplitudo, dan frekuensi cenderung naik seiring bertambahnya besar putaran motor (Tabel 2).



Gambar 5 Kecepatan getaran terhadap waktu.



Gambar 6 Nilai amplitudo terhadap frekuensi getaran pada putaran 1500 rpm.

Tabel 2. Nilai parameter getaran berdasarkan putaran motor.

Rotasi (rpm)	v (m/s)	a (m/s^2)	X (g)	f (Hz)
600	3,31	0,12	0,325	33,43
740	3,30	0,13	0,350	34,59
980	3,31	0,46	0,400	37,31
1500	3,36	1,27	0,67	49,75

4. KESIMPULAN

Sebuah mesin skala kecil untuk pengukuran parameter getaran pada bantalan berhasil dibuat. Dari pengujian performa poros berputar pada dua buah bantalan peluru yang menumpu poros sepanjang 40 cm pada putaran motor 1400 rpm rentang diperoleh variasi percepatan adalah 0 hingga 0,3 mm/s^2 . Nilai percepatan diukur pada tiga arah sumbu yaitu x, y dan z. Nilai percepatan terbesar ditunjukkan ada arah aksis-y yaitu 0,3 mm/s^2 . Sedangkan nilai percepatan terendah diperoleh pada sumbu-x yang diwakili oleh warna kuning yaitu 0,1 mm/s^2 .

Pada pengukuran kecepatan getaran terlihat peningkatan kecepatan seiring bertambahnya putaran. Kecepatan rata-rata terendah pada putaran 600 rpm adalah

0,13 m/s sedangkan kecepatan rata-rata tertinggi diperoleh pada putaran 1500 rpm adalah 1,27 m/s.

Nilai amplitudo ditunjukkan pada setiap putaran motor yang bervariasi. Semakin besar putaran motor maka semakin besar pula nilai amplitudo. Nilai amplitudo terbesar diperoleh pada putaran 1500 rpm yaitu sebesar 0,67 g. Nilai amplitudo terendah ditunjukkan pada putaran 600 rpm sebesar 0,25 g.

Nilai frekuensi terendah diperoleh pada putaran 600 sebesar 33,43 Hz sedangkan frekuensi terbesar diperoleh pada putaran 1500 rpm sebesar 49,75 Hz. Sehingga secara eksperimental rata-rata nilai kecepatan, percepatan, amplitudo, dan frekuensi getaran cenderung naik seiring bertambahnya besar putaran motor.

5. DAFTAR REFERENSI

1. Susilowati, A., Krisno, A. S., & Lauditta, A. (2016). Bata beton geopolimer dengan variasi serat kelapa. *Jurnal Politeknologi*, 15(1), 25-35. <https://doi.org/10.1234/politek.v15i1.567>
2. Zainal, A., Gustini, M., Bimo, C.P. (2017). Perancangan alat ukur Getaran untuk mendeteksi kerusakan bearing, Simposium Nasional AVoER IX, Palembang, 29 November 2017, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jrm/article/view/6343>
3. Amiruddin, M., Haryadi, G. D. dan Umardani, Y. (2023). Analisis kegagalan poros hydraulic power unit (HPU) pada pompa hidrolik aksial 1000 LPS, *Jurnal Teknik Mesin*, 11(3), 5-10. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm/article/view/39968/29598>
4. Kalili, S., Thenu, N. L. T., Noya, M. F., & Hadi, A. (2022). Analisis Getaran Torsi Poros Propeler pada KN ULAR LAUT 405, *Prosiding ALE*, 5, 37-45. <https://doi.org/10.30598/ale.5.2022.37-45>
5. Endriatno, N., (2012). Analisis Getaran Akibat Massa Tak Seimbang pada Motor Berputar, *Dinamika: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 12(2), 58-65. <https://dx.doi.org/10.33772/djtm.v12i2.18225>
6. Nugroho, D.A., Naubnome, V., & Hanifi, R. (2022). Analisis perhitungan poros dan pasak pada mesin gerinda tangan merek modern M-2300B, *Jurnal Ilmiah Wahana Education*, (14), 24-28. <https://dx.doi.org/10.33772/djtm.v14i1.25491>
7. Mahmudin, O.F. (2023). Analisis uji fungsional dan validasi alat uji putar kritis poros dengan beban, *Jurnal ALMIKANIKA*, 5(3). <https://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/ALMIKANIKA/article/view/14738>
8. Poernomo, H. (2015). Pengukuran getaran torsional pada poros berputar menggunakan metode pengolahan citra digital. *Kapal: Jurnal Sains dan Teknologi Maritim*, 12 (2) (2015) 106-111. <https://doi.org/10.14710/kpl.v12i2.8943>
9. Ferrina, Q., Ratna Sulistiyanti, S., dan Junaidi (2022). Hasil pengujian kalibrasi sensor akselerometer ADXL345, *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 10(2), 187-196. <http://dx.doi.org/10.23960/jtaf.v10i2.2813>
10. Rafika, A.R., Kholis, N., Syahrir, Zarkasi, A. (2024). Aplikasi Sensor Micro Electro Mechanical System (Mems) Accelerometer Berbasis IoT dalam Pengukuran Percepatan Maksimum Getaran Struktur Jembatan, *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, 12(2), 1108-1114. <http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4134>