

ANALISA PERBANDINGAN GETARAN PADA ALAT *MODE SHAPES ANALIZER* BERDASARKAN DATA EMPIRIS DAN SIMULASI

Achmad Harish Aviansyah

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: achmad.17050754001@mhs.unesa.ac.id

Diah Wulandari

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: diahwulandari@unesa.ac.id

Abstrak

Getaran yang dihasilkan oleh sistem sangatlah berpengaruh terhadap efektifitas kerja dan hasilnya. Getaran terbagi menjadi getaran yang dikehendaki dan getaran yang tidak dikehendaki. Getaran yang tidak dikehendaki jika tidak melakukan upaya penyelesaian. Hal ini akan dianggap memberikan dampak negatif terhadap mesin. Salah satu bentuk identifikasi awal yang dilakukan untuk menyelesaikan beberapa permasalahan yang terkait dengan getaran pada mesin, diantaranya adalah menentukan model matematika pada fenomena tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membuat pengaplikasian alat sederhana sebagai bentuk untuk mengetahui elastisitas dari pegas maupun fenomena model bentuk getaran.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen, dengan mencari pengaruh dari variable *independent* dengan variable *dependen*. Pengambilan data dilakukan dengan cara perbandingan secara langsung melalui grafik perbandingan dan dideskripsikan dengan kalimat yang sederhana. Selain itu, untuk pengambilan data pada penelitian ini perbandingan dari waktu dan rata-rata gelombang percepatan yang keluar dari sensor pada alat ini diambil secara empiris maupun simulasi pada matlab

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil yang tercipta berbeda signifikan pada gelombang percepatan dari data empiris dan data simulasi. Besarnya gelombang dari data empiris pada RPM 960 lebih banyak daripada gelombang dari data simulasi, hal ini dikarenakan penyaluran gaya tidak maksimal, karena poros engkol tidak stabil dan banyak getaran yang tercipta sesuai dengan analisis yang dilakukan oleh penulis.

Kata Kunci: Getaran, *mode shapes analyzer*, empiris, simulasi, matlab

Abstract

The vibrations generated by the system greatly affect the effectiveness of the work and the results. Vibration is divided into vibrations that are desired and vibrations that are not desired. The effect of vibration greatly affects engine life, wear and tear on the engine, and also affects the precision of the product. Unwanted vibration if no attempt is made to resolve. This will be considered to have a negative impact on the engine. One form of initial identification that is carried out to solve several problems related to vibration in machines, including determining a mathematical model of this phenomenon, this study aims to make the application of a simple tool as a form to determine the elasticity of springs and to see the phenomenon of vibration shape models.

The method used in this research is experimental, by looking for the influence of the independent variable with the dependent variable. Data were collected by means of direct comparisons through comparison charts and described in simple sentences. In addition, for data retrieval in this study the comparison of the time and the average acceleration wave that comes out of the sensor on this tool is taken empirically and simulated in Matlab. The results showed that the results created were significantly different in the acceleration wave from empirical data and simulation data. The magnitude of the waves from the empirical data at 960 RPM with a total of 33 waves is more than the waves from the simulation data, this is because the transmission of force is not optimal, because the crankshaft is unstable and a lot of vibrations are created according to the analysis conducted by the author.

Keywords: *Vibration, mode shapes analyzer, empirical, simulation, matlab*

PENDAHULUAN

Getaran yang dihasilkan oleh sistem sangatlah berpengaruh terhadap efektifitas kerja dan hasilnya. Getaran terbagi menjadi getaran yang dikehendaki dan getaran yang tidak dikehendaki. Salah satu contoh getaran yang dikehendaki seperti pada mesin pengayak pasir, mesin pemadat aspal. Selain itu, contoh untuk getaran yang tidak dikehendaki sangatlah banyak seperti getaran pada genset, getaran pada mesin-mesin produksi, getaran pada konstruksi jembatan. Pengaruh getaran sangatlah

mempengaruhi umur mesin, keausan yang terjadi pada mesin, dan juga mempengaruhi kepresisian hasil produk. Getaran yang tidak dikehendaki jika tidak melakukan upaya penyelesaian.

Hal ini akan dianggap memberikan dampak negatif terhadap mesin. Salah satu bentuk identifikasi awal yang dilakukan untuk menyelesaikan beberapa permasalahan yang terkait dengan getaran pada mesin, diantaranya adalah menentukan model matematika pada fenomena tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membuat pengaplikasian alat sederhana sebagai bentuk untuk

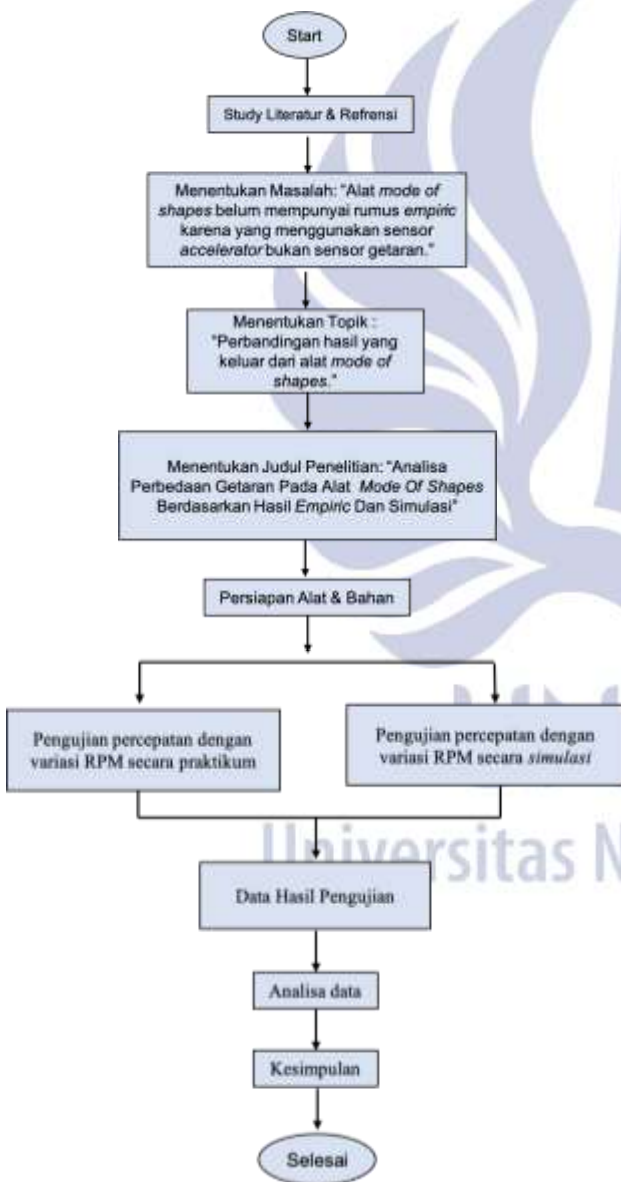
mengetahui elastisitas dari pegas maupun melihat fenomena model bentuk getaran. Selain itu dapat menjadi sebagai alat praktikum yang dipakai untuk mata kuliah getaran mekanis dan fisika dasar.

Penelitian ini melanjutkan penelitian sebelumnya oleh Mochammad Rizal Bakrie, 2019 yang membahas rancang bangun alat ini dan M. Ilham Fahmi, 2019 yang menganalisa bentuk aplikasi kedalam spesifikasi pegas dan berat beban yang berbeda kepada alat ini. Oleh sebab itu, penulis tertarik untuk menganalisa besaran getaran yang muncul pada alat

METODE

Rancangan Penelitian

Tahap-tahap penelitian dilakukan seperti diagram alir (*Flowchart*) dibawah.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Obyek Penelitian

Pada penelitian ini obyek yang digunakan adalah massa berbahan besi St.37 dengan berat 233gr.



Gambar 2. Massa Besi 233 g

Tabel 1. Spesifikasi Massa Besi 233 g

1.	Bahan Massa	:	Besi St.37
2.	Diameter Luar	:	5cm
3.	Tebal Massa	:	3 cm
4.	Berat Massa	:	233 gr
5.	Warna	:	Merah

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang akan digunakan oleh penulis dalam penelitian ini adalah alat praktikum *mode shapes analyzer* yang ada di Laboratorium Fisika Dasar menggunakan pegas berbahan *stainless stel* dan massa dengan berat 233 g yang berbahan besi.



Gambar 2. Alat Praktikum *mode of shapes*

Tabel 2. Spesifikasi alat praktikum *mode of shapes*

1.	Nama Mesin	:	Mode Of Shapes
2.	Bahan	:	Besi
3.	Buatan	:	Universitas Negeri Surabaya (Indonesia)
4.	Dimensi Alat	:	130 x 50 x 50 cm
5.	Penggerak	:	Motor Stepper Nema 17
6.	Tipe Sensor	:	Sensor ADXL345 (accelerator)
7.	Sistem Kontrol	:	Arduino Nano (Microcontroller)
8.	Sistem Operasi	:	PLX-ADQ Excel-Macro
9.	Daya Listrik Kontrol	:	10 Watt - 60 Watt

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Variabel Bebas
Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah pegas dengan bahan *stainless Steel* dan beban dengan berat 233 g berbahan besi.
- Variabel Terikat
Dalam penelitian ini variabel terikatnya meliputi:
 - Hasil percepatan yang keluar dari sensor *accelerator* ADXL345 secara sumbu x, sumbu y, dan sumbu z.
 - Adanya getaran bebas yang keluar dari pergerakan beban dan pegas.
- Variabel Kontrol
Variabel control disebut pembanding hasil penelitian eksperimen yang dilakukan variabel control dalam penelitian ini adalah:
 - Putaran motor stepper.
 - Posisi massa terhadap pegas.
 - Panjang pegas saat berada pada alat.

- Memberikan pelumas oli pada bagian poros engkol agar lancar saat digunakan
- Menyiapkan laptop yang telah membuka program PLX-DAQ.
- Memasukkan kabel power kontrol dan kabel power motor ke dalam *stecker* listrik.
- Memasukkan kabel usb keluaran data ke laptop.
- Memasang pegas dan massa pada pengait yang ada pada instrumen yang digunakan pada penelitian ini.
- Mengatur jarak Panjang pegas sesuai konstanta yang diinginkan dengan mengendurkan baut yang ada pada *sledder* dengan menggunakan kunci pas 19.

Pengujian

Prosedur pengujian yang harus dilakukan pada tahap pengujian ini adalah sebagai berikut:

- Menghidupkan kontrol dengan menekan saklar on/off yang ada pada instrumen.
- Mencari *port usb* kabel data pada laptop dan memasukkan ke dalam program PLX-DAQ.
- Memulai pengambilan data dengan klik *connect* pada program PLX-DAQ.
- Memutar potensiometer sesuai dengan putaran yang diinginkan.
- Tunggu hingga pergerakan stabil
- Mencatat waktu pengambilan dapat dilihat pada PLX-DAQ.

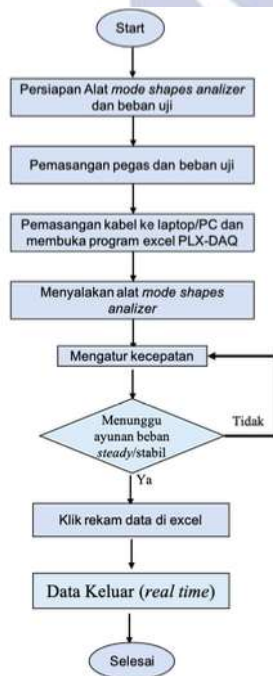
Akhir Pengujian

Prosedur yang harus dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut:

- Mengklik *disconnect* pada program PLX-DAQ agar perekaman data berhenti
- Menurunkan putaran motor dengan memutar potensiometer.
- Mematikan instrumen penelitian *mode of shapes analyzer*.
- Melepas pegas dan massa pada pengait tidak lupa kendurkan baut yang ada pada *sledder*.
- Mengolesi bagian engkol dan massa dengan oli pelumas
- Bersihkan dan rapikan dengan majun.

Prosedur Pengujian Empiris

Flowchart Pengujian Empiris



Gambar 3. Flowchart Pengujian Empiris

Tahap Persiapan

Prosedur yang harus dilakukan pada tahap persiapan pengujian pada alat praktikum *mode of shapes analyzer* yang ada pada Laboratorium Fisika Dasar Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya adalah sebagai berikut :

- Mempersiapkan obyek yang akan digunakan untuk penelitian, dalam hal ini obyek yang digunakan adalah massa dengan berat 300gr berbahan besi.
- Membersihkan instrumen yang akan digunakan pada penelitian.

Prosedur Pengujian Simulasi

Flowchart Pengujian Simulasi



Gambar 4. Flowchart Pengujian Simulasi

Tahap Persiapan

Prosedur yang harus dilakukan pada tahap persiapan adalah sebagai berikut :

- Mempersiapkan perangkat lunak berupa laptop atau PC
- Membuka program matlab dan membuka program yang telah disiapkan
- Menyiapkan data RPM yang akan diambil
- Merubah durasi waktu pengambilan pada simulink

Pengujian

Prosedur pengujian yang harus dilakukan pada tahap pengujian ini adalah sebagai berikut :

- Merubah RPM pada koding yang ada
- Merubah Nama excel pada koding sesuai dengan RPM yang diambil
- Tekan Run

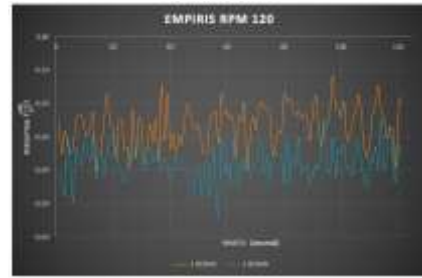
Akhir Pengujian

Prosedur pengujian yang harus dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut :

- Meng-*close figure* yang muncul
- Melihat excel yang keluar sesuai atau tidak dengan yang diinginkan
- Merubah RPM dan nama excel setiap pengujiannya
- Menutup aplikasi matlab

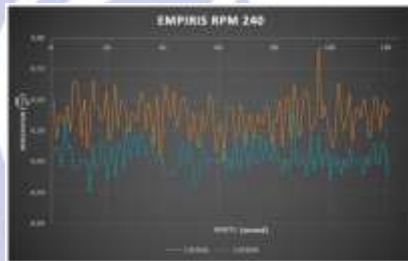
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Empiris Percepatan



Gambar 5. Grafik hasil rata-rata percepatan dari data empiris pada RPM 120

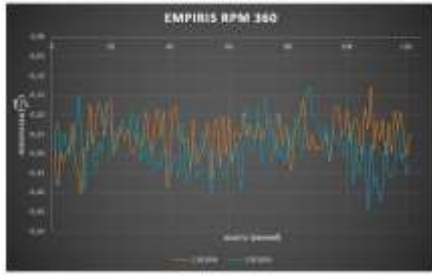
Pada gambar 5 diatas dapat kita lihat pada grafik tersebut beban pertama pada garis berwarna orange menghasilkan gelombang percepatan yang lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan beban kedua dan jika dibandingkan dengan beban kedua, beban pertama memiliki gelombang percepatan dengan bentuk yang tidak teratur. Beban pertama memiliki titik puncak paling tinggi pada $-0,12$ pada data ke 97, sedangkan beban kedua memiliki titik puncak paling tinggi pada $-0,24$ pada data ke



94.

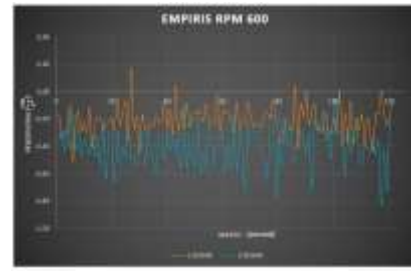
Gambar 6. Grafik hasil rata-rata percepatan dari data empiris pada RPM 240

Pada gambar 6 diatas Dapat dilihat pada beban pertama atau pada garis berwarna orange didapatkan bentuk gelombang yang teratur dan lebih besar nilainya, ini dikarenakan pada beban ini dikenai langsung oleh gaya dari poros engkol motor, jika dibandingkan dengan beban kedua yang memiliki bentuk gelombang yang tidak teratur dan dapat dilihat posisi gelombang beban kedua berada di bawah beban 1. Beban pertama memiliki satu titik tertinggi pada $-0,03$ di data ke 96. Hal ini dikarenakan poros engkol pada saat itu tidak stabil dan membuat gaya kejut sehingga membentuk percepatan yang besar pada data tersebut.



Gambar 7. Grafik hasil rata-rata percepatan dari data empiris pada RPM 360

Pada gambar 7 diatas dapat kita lihat dari grafik diatas hasil antara beban pertama dengan beban kedua memiliki bentuk gelombang percepatan yang hampir menyamai. Namun, dapat dilihat bentuk gelombangnya berbeda dikarenakan pada beban pertama dikenai oleh gaya langsung dan pada beban kedua mendapatkan gaya dari penyaluran beban pertama. Bentuk gelombang tersebut tidak teratur dikarenakan gaya yang didapatkan dari poros engkol tidak stabil dan banyak getaran yang tercipta dari motor itu sendiri.



Gambar 9. Grafik hasil rata-rata percepatan dari data empiris pada RPM 600

Pada gambar 9 diatas Dapat kita lihat menghasilkan bentuk getaran yang hampir sama antara beban pertama dengan beban kedua. Namun pada beban pertama atau pada garis gelombang berwarna orange memiliki besar gelombang yang lebih daripada beban kedua atau pada garis gelombang berwarna biru. Dapat kita lihat juga pada kecepatan ini menghasilkan titik puncak yang tinggi dibandingkan pada kecepatan motor sebelum-sebelumnya yaitu pada beban pertama dengan 0,17 pada data ke 27. Hal ini dikarenakan ketidak stabilnya poros engkol motor dan membuat gaya kejut.



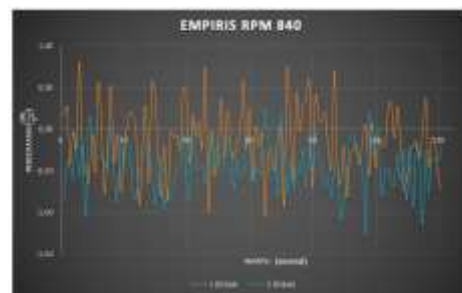
Gambar 8. Grafik hasil rata-rata percepatan dari data empiris pada RPM 480

Pada gambar 8 diatas Dapat kita lihat dari hasil pada grafik diatas beban pertama memiliki besar gelombang dengan nilai tertinggi daripada beban kedua. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 8 puncak tertinggi pada -0,08 di data ke 70. Sedangkan pada beban kedua memiliki puncak tertinggi pada -0,24 pada data ke 50. Pada beban pertama dapat dilihat gelombang percepatannya semakin naik, selain dikarenakan putaran motor, poros engkol yang bergerak juga semakin cepat dengan kondisi yang tidak stabil.



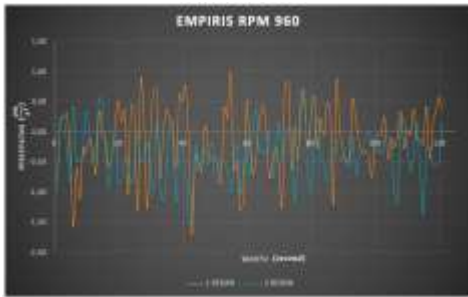
Gambar 10. Grafik hasil rata-rata percepatan dari data empiris 720

Pada gambar 10 diatas menghasilkan gelombang percepatan yang berbeda besarnya, jika dilihat pada beban pertama besar gelombang percepatan yang dihasilkan lebih besar daripada beban kedua. Puncak tertinggi didapat pada 0,61 di data ke 31 pada beban pertama. Gelombang yang dihasilkan lebih banyak jumlahnya pada beban kedua daripada beban pertama.



Gambar 11. Grafik hasil rata-rata percepatan dari data empiris 840

Pada gambar 11 diatas dapat kita lihat hasil gelombang percepatan pada beban pertama dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan beban kedua. Puncak tertinggi berdasarkan grafik diatas didapatkan pada beban pertama pada 0,81 pada data ke 8. Bentuk gelombang tersebut dikarenakan kecepatan motor, namun tidak teraturnya gelombang dikarenakan poros engkol yang tidak stabil menyebabkan gaya yang disalurkan tidak sempurna dan juga getaran motor pada kecepatan ini semakin besar. Hal ini juga mempengaruhi hasil diatas.



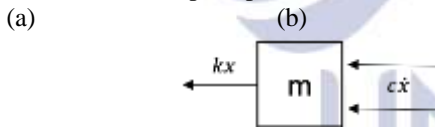
Gambar 12. Grafik hasil rata-rata percepatan dari data empiris 960

Pada gambar 12 diatas Dapat kita lihat dari hasil gelombang diatas di dapatkan bentuk yang hampir sama antara hasil pada beban pertama dan beban kedua. Namun, pada beban pertama menghasilkan besar gelombang yang lebih besar dibandingkan dengan beban kedua.

Data Simulasi Percepatan



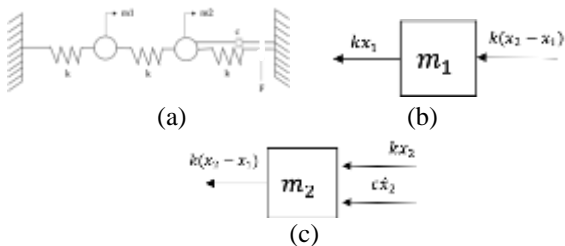
Data simulasi ini didasarkan pada persamaan berikut ini:



Gambar 13 (a) Diagram Sistem 1 DOF
(b) FBD 1 DOF

Dengan persamaan sebagai berikut :

• $m_1 \ddot{x}_1 = -kx_1 - kx_1 - c\dot{x} + F_x$ (1)



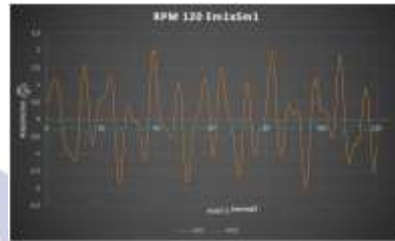
Gambar 14 (a) Diagram sistem 2 DOF
(b) FBD 2 DOF m1
(c) FBD 2 DOF m2

Dengan persamaan sebagai berikut :

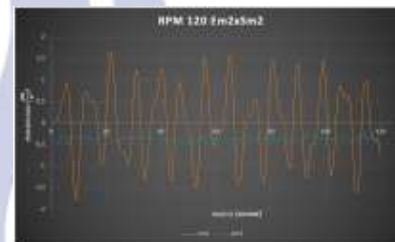
• $m_1 \ddot{x}_1 = k(x_2 - x_1) - kx_1$ (2)
• $m_2 \ddot{x}_2 = -k(x_2 - x_1) - kx_2 - c\dot{x}_1 + F_x$ (3)

Pembahasan

Setelah didapatkan data-data dari hasil pengujian diatas maka dapat dibandingkan antara data empiris dan data simulasi dan mendapatkan perbandingan antara kedua data tersebut sebagai berikut:



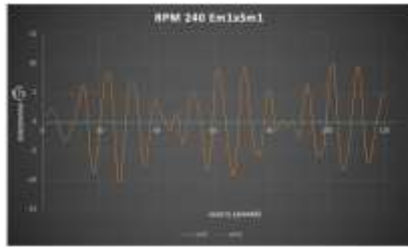
(a)



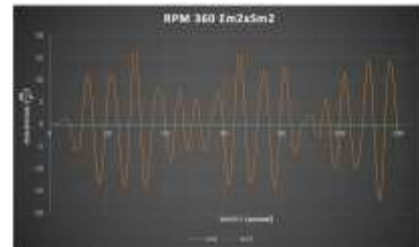
(b)

Gambar 15. (a) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 120 Em1xSm1
(b) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 120 Em2xSm2

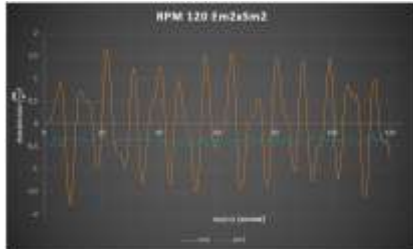
Berdasarkan pada gambar 15 didapatkan hasil perbandingan gelombang percepatan untuk data empiris dan data simulasi pada kecepatan 120 RPM. Dapat kita lihat hasil pada gelombang percepatan yang dihasilkan oleh data simulasi didapatkan besar gelombang yang lebih besar daripada gelombang percepatan yang dihasilkan dari data empiris. Banyaknya gelombang percepatan dari data simulasi lebih sedikit daripada gelombang percepatan yang dihasilkan dari data empiris. Hal ini dikarenakan pengambilan data empiris terjadi banyak gangguan, seperti poros engkol yang tidak stabil, gerak pegas yang berubah dari gerak *steady*-nya. Dari gambar 5 terlihat bentuk gelombang yang tercipta sangat berbeda antara hasil gelombang dari data simulasi dengan data empiris.



(a)



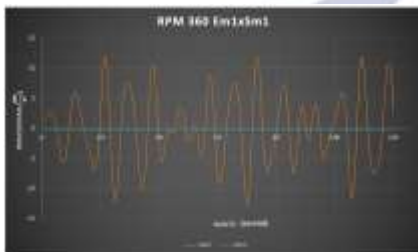
(b)



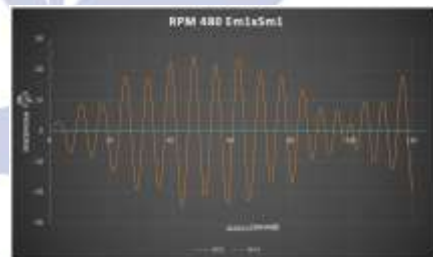
(b)

Gambar 16. (a) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 240 Em1xSm1
(b) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 240 Em2xSm2

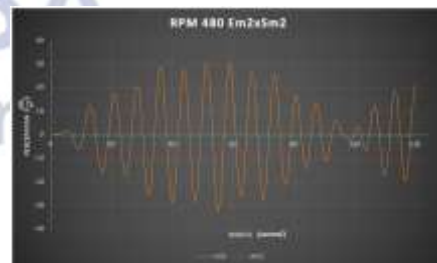
Berdasarkan gambar 16 di atas didapatkan hasil perbandingan gelombang percepatan untuk data empiris dan data simulasi pada kecepatan 240 RPM. Dapat kita lihat hasil gelombang percepatan yang terbentuk dari data simulasi menghasilkan sebuah siklus setiap kurang lebih 40 detik sekali. Besaran gelombang juga sama besar antara 1 beban dan 2 beban. Namun, jika kita bandingkan dengan hasil gelombang dari data empiris sangatlah berbeda jauh besar gelombangnya. Walaupun berbeda hasil data empiris tetap memiliki sebuah nilai.



(a)



(a)

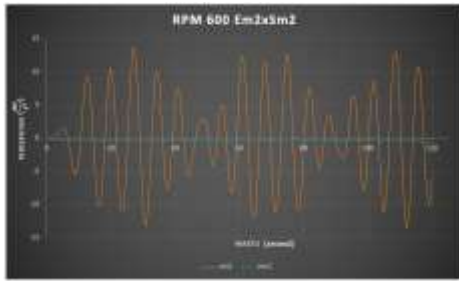


(b)

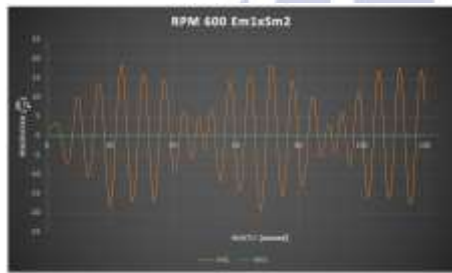
Gambar 18. (a) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 480 Em1xSm1
(b) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 480 Em2xSm2

Berdasarkan gambar 18 di atas didapatkan hasil perbandingan gelombang percepatan untuk data empiris

dan data simulasi pada kecepatan 480 RPM. Dari grafik pad gambar diatas terlihat gelombang percepatan yang dihasilkan dari data simulasi menciptakan sebuah siklus selama kurang lebih tiap 100 detiknya. Untuk gelombang yag tercipta dari 1 beban dan 2 beban lebih besar pada 2 beban terlihat pada garis gelombang berwarna biru. Namun, jika dibandingkan dengan gelombang percepatan dari data empiris sangatlah berbeda jauh. Gelombang percepatan dari data empiris terlihat membentuk sebuah garis.



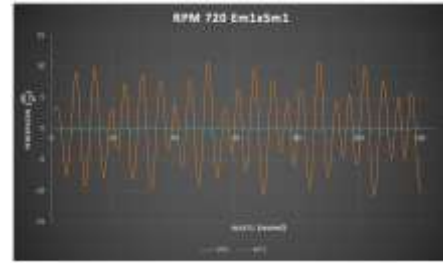
(a)



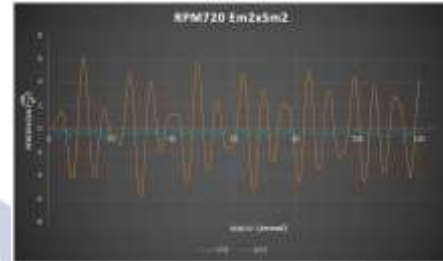
(b)

Gambar 19. (a) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 600 Em1xSm1
(b) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 600 Em2xSm2

Berdasarkan gambar 19 didapatkan hasil perbandingan gelombang percepatan untuk data empiris dan data simulasi pada kecepatan 600 RPM. Dapat kita lihat gelombang percepatan yang tercipta dari data simulasi lebih besar dibandingkan dengan data empiris. Bentuk gelombang pada data simulasi juga menghasilkan sebuah siklus. Namun, pada gelombang percepatan yang terbentuk dari 1 beban dan 2 beban memiliki besaran yang berbeda. Jika dilihat lagi dari gambar 19 diatas gelombang percepatan dari data empiris untuk 1 beban bentuknya lebih seperti garis saja daripada 2 beban yang masih memiliki bentuk gelombang dan besar gelombang.



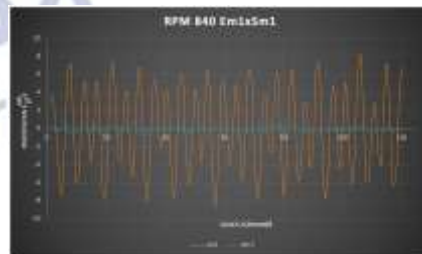
(a)



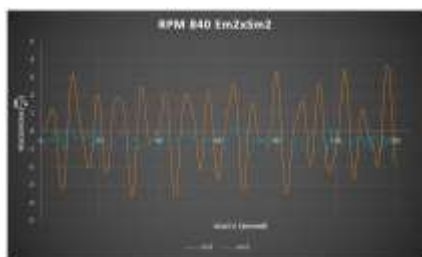
(b)

Gambar 20. (a) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 720 Em1xSm1
(b) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 720 Em2xSm2

Berdasarkan gambar 20 didapatkan hasil perbandingan gelombang percepatan untuk data empiris dan data simulasi pada kecepatan 720 RPM. Dari gambar diatas didapatkan bentuk gelombang yang berbeda antara gelombang percepatan dari data empiris dan data simulasi. Gelombang percepatan dari data simulasi lebih besar daripada gelombang percepatan dari data empiris. Namun, terlihat dari bentuk gelombang percepatan dari data simulasi pada 2 beban lebih kecil besarnya daripada 1 beban. Banyak gelombang percepatan yang tercipta dari data empiris lebih banyak daripada banyak gelombang percepatan yang tercipta dari data simulasi.



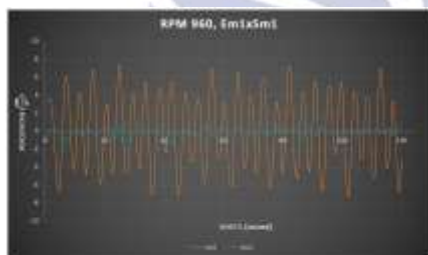
(a)



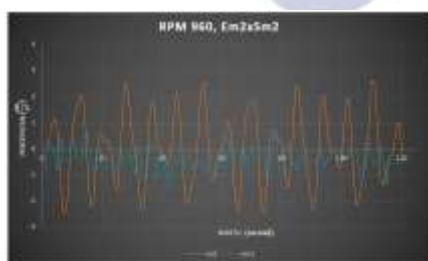
(b)

Gambar 21. (a) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 840 Em1xSm1
(b) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 840 Em2xSm2

Berdasarkan gambar 21 didapatkan hasil perbandingan gelombang percepatan untuk data empiris dan data simulasi pada kecepatan 840 RPM. Dapat kita lihat bentuk gelombang percepatan dari data simulasi pada 1 beban menghasilkan besar gelombang yang cukup besar daripada gelombang lainnya. Gelombang percepatan yang tercipta dari data empiris juga menghasilkan bentuk gelombang yang tidak beraturan bentuknya. Namun, jika dibandingkan antara keduanya sangatlah berbeda jauh besaran, bentuk, dan jumlah gelombang percepatannya.



(a)



(b)

Gambar 22. (a) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 960 Em1xSm1
(b) Grafik Perbandingan Gelombang Percepatan Pada RPM 960 Em2xSm2

Berdasarkan gambar 22 didapatkan hasil perbandingan gelombang percepatan untuk data empiris dan data simulasi pada kecepatan 960 RPM. Perbedaan antara kedua gelombang percepatan dari data simulasi dan data empiris diatas tidak berbeda jauh.

Dari data-data diatas terlihat bahwa grafik percepatan dari data simulasi lebih teratur dan gelombang percepatan yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan grafik percepatan dari data empiris. Hal ini disebabkan karena adanya ketidak stabilan pada poros engkol, ketidakstabilan terjadi karena *misalignment* pada poros yang menyebabkan banyak gesekan, karena gesekan tersebut menyebabkan pergerakan poros engkol yang berguna sebagai penyalur gaya menjadi terganggu dan sistem menjadi tidak *continue*.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka diperoleh saran sebagai berikut:

- Analisa yang telah dilakukan banyak sekali hasil gelombang percepatan dari data empiris memiliki bentuk dan besar yang sangat kecil dibandingkan dengan gelombang percepatan dari data simulasi. Hal ini dibuktikan pada hasil gelombang percepatan di kecepatan motor 960 RPM, Besar gelombang, banyak gelombang, dan bentuk gelombang percepatan tersebut berbeda jauh antara kedua data tersebut.
- Terdapat hasil yang berbeda signifikan pada gelombang percepatan dari data empiris dan data simulasi. Dari penelitian ini memberikan bukti bahwa besarnya gelombang dari data empiris pada RPM 960 dengan jumlah 33 gelombang lebih banyak daripada gelombang dari data simulasi, hal ini dikarenakan penyaluran gaya tidak maksimal, karena poros engkol tidak stabil dan banyak getaran yang tercipta sesuai dengan analisis yang dilakukan oleh penulis.

Saran

- Untuk mengetahui tentang fenomena getaran yang terjadi tanpa adanya *error*, maka diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menghitung *error* yang terjadi pada alat dan di-*input*-kan kedalam program matlab.
- Perlu dilakukan perancangan ulang sistem motor dan engkol agar gaya yang tercipta tersampaikan maksimal.
- Perlu dilakukan penelitian pada sensor percepatan ADXL345 yang dapat mempengaruhi hasil keluaran dari alat mode shapes analyzer.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, Ferly Isnomo. 2017. "Desain Dan Analisis Sistem Suspensi Aktif Model Seperempat Kendaraan Dengan Kendali Pid (Proportional Integral Derivative)." (Universitas Negeri Surabaya) 160- 165.
- Arif, Zainal. 2014. *Mekanika Kekuatan Material*. Vol. 1. Jakarta: Universitas Samudra.
- Bakrie, Mochammad Rizal. 2019. "Rancang Bangun Alat Mode Of Shapes Analyzer." Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

Budiwantoro, Harsokusoemo. 2010. "Pengantar perancangan pegas." (Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi).

Electro, Zona. 2014. *Zona Electro Refrensi Belajar Elektronika Online*. Accessed Juni 20, 2020. <http://zoniaelektro.net/Board-Arduino-Uno>.

Fahmi, Muhammad Ilham. 2019. "Pengaruh Variasi Material Pegas Pada Rancang Bangun Alat Mode Of Shapes Analyzer." Universitas Negeri Surabaya.

Firdausy, Meutia Faradilla, Diah Wulandari. 2018. "Studi kasus pengaruh diameter dan variasi material pegas pada trainer aplikasi hukum hooke." (Universitas Negeri Surabaya).

2014. *Fisika Zone*. Desember 17. Accessed Juni 26, 2020. <http://fisikazone.com/getaran-harmonik/>.

Freedman, Young dan. 2020. *Fisika Universitas*. Vol. 1, 335.

Karyasa, Tungga Bhimadi. 2011. *Dasar-Dasar Getaran Mekanis*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Kaw, Autar K. 2006. *Dasar-Dasar Teknik MESin*. Padang: Universitas Negeri Padang.

n.d. *Mosaic Documentation Web*. Accessed Juni 16, 2020. <http://www.mosaic-industries.com/embedded-systems/microcontroller-projects/stepper-motors/specifications>.

Parulian, A. n.d. "Monitoring dan Analisis Kadar Aluminium (Al) dan Besi (Fe) Pada Pengolahan Air Minum PDAM Tirtanadi Sunggal." Medan: Pascasarjana Universitas Sumatera Utara (USU).

Ronaldo, Chakraverty. 2009. "Pengaruh Derajat Kebebasan Terhadap Getaran."

Sadiana, Riri. 2016. "Analisis Sistem Getaran Pada Mesin Torak." *Jurnal Imiah Teknik Mesin Universitas Islam 45 Bekasi* 4 No.2: 41. <http://ejournal-unisma.net>.

Setyarto, Raharjo. 2015. *Studi Pengaruh Karakteristik Material Terhadap Kualitas Produk Deep Drawing*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Suharto. 1991. "Dinamika dan Mekanika." Jakarta: PT. Rineka Cipta.

Tumilang, Rao. 2007. *Sistem DOF pada Getaran Mekanis*. Jakarta: Rei Press Book.

Wicaksono, Purnomo Adhi. 2015. "Alat Bantu Edukasi (Digital) Untuk Mempermudah Pemahaman Arti Fisik Frekuensi Natural Dan Mode Shape Getaran Longitudinal Dan Torsional Sistem Propulsi Kapal." (Institusi Sepuluh November).