

SISTEM GETARAN PAKSA SATU DERAJAT KEBEBASAN

Rully Bramasti, Agus Purwanto dan Sumarna

Program Studi Fisika, Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan mengkondisikan sistem sesuai dengan model matematis yang digunakan, yaitu sistem getaran paksa satu derajat kebebasan. Pemaksanya berupa simpangan piston dan responnya berupa simpangan massa.

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah frekuensi alami dan frekuensi pemaksa sistem massa-pegas, kurva beda fase antara simpangan piston dengan simpangan massa sebagai fungsi frekuensi pemaksa serta kurva amplitudo komponen fundamental simpangan massa-pegas sebagai fungsi frekuensi pemaksa.

Frekuensi alami sistem massa-pegas diperoleh berdasarkan nilai massa pegas, konstanta pegas dan massa beban. Frekuensi pemaksa Ω diperoleh dengan mengukur frekuensi putar dari motor DC yang berfungsi sebagai sumber getar. Frekuensi pemaksa yang diperoleh merupakan frekuensi *fundamental* sistem. Berdasarkan nilai frekuensi *fundamental* sistem, dapat diperoleh nilai amplitudo *fundamental* simpangan massa-pegas sistem sebagai fungsi frekuensi pemaksa dengan menggunakan analisis *Fourier*. Hasilnya puncak amplitudo maksimum tidak berada pada frekuensi alami sistem tetapi bergeser. Hasil analisis rekaman simpangan piston dan massa-pegas memperlihatkan adanya beda fase antara simpangan piston dengan simpangan massa. Grafik yang diperoleh memperlihatkan bahwa beda fase 90° tidak muncul karena simpangan pistonnya tidak benar-benar sinusoidal. Berdasarkan kondisi ini dapat diketahui bahwa sebenarnya sinyal *input* yang masuk tidak hanya satu frekuensi saja tetapi ada beberapa sinyal *input* yang masuk untuk menggerakkan sistem. Peneliti tidak dapat menentukan dimana tepatnya resonansi terjadi karena simpangan piston bukan sinusoidal sempurna. Frekuensi yang masuk tidak hanya satu, oleh karena itu untuk menganalisis sinyal *input* ini digunakan prinsip superposisi dengan menjumlahkan beberapa *input* yang masuk pada sistem. Hasil penjumlahan ini akan digunakan untuk menentukan respon *steady state* sistem kemudian dianalisis menggunakan deret *Fourier*. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini belum dapat dibuktikan dimana tepatnya resonansi terjadi karena gerakan piston tidak benar-benar sinusoidal dan sistem belum benar-benar bisa dikondisikan bergerak dengan gerakan satu derajat kebebasan.

Kata kunci : Osilasi, resonansi, frekuensi, beda fase dan *steady state*

PENDAHULUAN

Fisika (bahasa Yunani: (physikos), “alamiah”, (physis), “alam”) adalah sains atau ilmu tentang alam dalam makna yang terluas. Fisika mempelajari gejala alam yang tidak hidup atau materi dalam lingkup ruang dan waktu. Fisika berkaitan erat dengan matematika. Teori fisika banyak dinyatakan dalam notasi matematis, dan matematika yang digunakan dalam bidang ini biasanya lebih rumit daripada matematika yang digunakan dalam bidang sains lainnya.

Budaya penelitian fisika berbeda dengan ilmu lainnya karena adanya pemisahan teori dan eksperimen. Sejak abad ke-20, kebanyakan fisikawan perseorangan mengkhususkan diri meneliti dalam fisika teoritis atau fisika eksperimental saja, dan pada saat itu, sedikit saja yang berhasil dalam kedua bidang tersebut. Sebaliknya, hampir semua teoritis dalam biologi dan kimia merupakan eksperimentalis yang sukses.

Teoris berusaha mengembangkan teori yang dapat menjelaskan hasil eksperimen yang telah dicoba dan dapat memperkirakan hasil eksperimen yang akan datang. Sementara itu, eksperimentalis menyusun dan melaksanakan eksperimen untuk menguji perkiraan teoritis. Berdasarkan keterangan di atas, peneliti ingin membuktikan teori (pemodelan matematis) yang ada dengan mencoba membuat dan mengkondisikan alat agar sesuai dengan teori (pemodelan matematis).

Pada penelitian ini alat yang akan dikondisikan adalah sistem getaran mekanik berupa sistem massa-pegas yang diharapkan akan dapat menunjukkan adanya fenomena resonansi. Seperti yang kita ketahui fenomena resonansi akan muncul ketika besar frekuensi eksitasi yang

mengenai suatu sistem hampir mendekati atau sama dengan frekuensi alami sistem tersebut. Getaran yang dihasilkan oleh gaya luar tersebut dinamakan getaran paksa, sedangkan gerakan getaran yang dikondisikan adalah gerakan getaran satu derajat kebebasan. Oleh karena itu, penelitian ini berjudul “**Sistem Getaran Paksa Satu Derajat Kebebasan**”.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Alat dan Program Analisis

1) Alat Penelitian

- a. 1 buah motor DC
- b. 1 buah pegas dengan massa ($16,90 \pm 0,01$) gram dan konstanta ($16,2 \pm 0,2$) kg/s^2
- c. beban dengan massa ($85,40 \pm 0,01$) gram
- d. 1 buah batang ferit dengan massa ($31,5 \pm 0,01$) gram
- e. 1 buah resistor 30Ω
- f. 1 set AFG
- g. 1 set CRO
- h. Catu daya DC
- i. Satu set *stroboscope* MS-230D
- j. Satu set komputer
- k. Satu set *Handycam* merek Sony

2) Program Analisis yang Digunakan

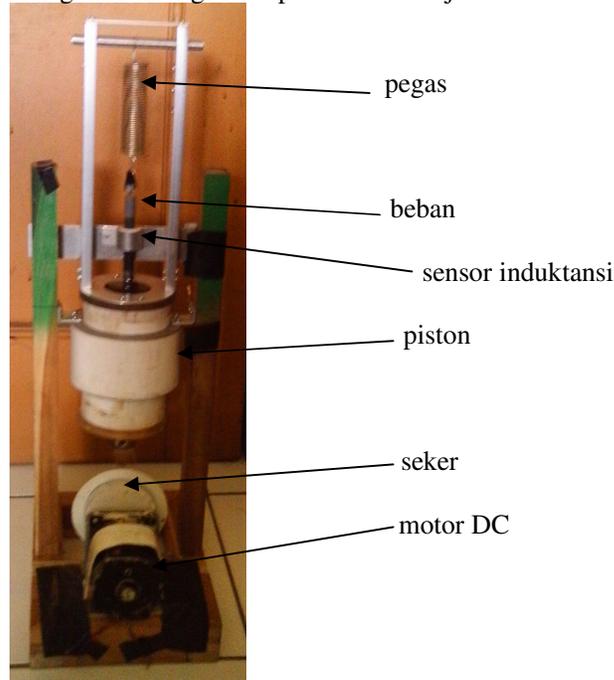
Untuk menganalisis sinyal yang direkam, digunakan program *Origin 6.1*, *Microsoft Excel 2007* dan *Matlab R2009a*. Untuk mengetahui adanya perbedaan fase antara simpangan piston dengan simpangan massa-pegas digunakan software *Ulead Video Studio 11*.

2. Langkah Kerja

Secara umum langkah kerja pada penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu persiapan dan pengambilan data. Rincian langkah kerja adalah sebagai berikut :

1) Persiapan

- a. Merangkai sistem getaran paksa satu derajat kebebasan



Gambar 1. Sistem getaran paksa satu derajat kebebasan

Sistem getaran paksa satu derajat kebebasan ini tersusun atas pegas, beban, motor DC, seker, piston dan sensor induktansi. Pegas dengan massa $M = (16,90 \pm 0,01)$ gram dan konstanta $k = (16,2 \pm 0,2)$ kg/s² serta beban dengan massa $m = (85,40 \pm 0,01)$ gram digunakan untuk menentukan frekuensi alami sistem, sedangkan motor DC digunakan sebagai sumber getar. Sensor induktansi yang digunakan berupa batang ferit di dalam kumparan yang dihubungkan dengan resistor, yang nantinya akan digunakan untuk menunjukkan adanya beda fase antara simpangan pemaksa berupa gerakan piston dengan simpangan massa-pegas yang tergantung pada ujung pegas.

- b. Mengukur konstanta pegas, menimbang massa pegas dan menimbang massa beban. Konstanta pegas, massa pegas, dan massa beban digunakan untuk menentukan frekuensi alami sistem massa-pegas.

2) Pengambilan Data

Setelah persiapan selesai maka dilakukan pengambilan data. Langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. Mengukur Frekuensi Simpangan Pemaksa
 - a) menyiapkan dan merangkai sistem massa-pegas dengan catu daya dan *stroboscope*, dengan susunan alatnya seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Susunan alat untuk mengukur frekuensi simpangan pemaksa

Keterangan gambar :

A : sistem getaran paksa satu derajat kebebasan

B : catu daya DC

C : *Stroboscope*

- b) Setelah rangkaian alat siap, maka pengamatan dilakukan. Motor DC pada sistem digerakkan dengan variasi tegangan dari 3 volt sampai 12 volt, sehingga menghasilkan kecepatan putar yang berbeda. Perubahan kecepatan putar motor akan menyebabkan perubahan frekuensi gerak piston. Sinar yang keluar dari *stroboscope* disinkronkan dengan laju putar motor sampai terlihat seolah-olah putaran motor berhenti. Nilai yang ditampilkan pada layar *stroboscope* inilah yang merupakan nilai frekuensi putarnya (dalam rad/s).
- b. Merekam Beda Fase antara Simpangan Piston dengan Simpangan Massa-Pegas
 - a) Menyiapkan dan merangkai alat.
Susunan alatnya dapat dilihat seperti pada Gambar 3. dan Gambar 4.



Gambar 3. Susunan alat untuk merekam beda fase

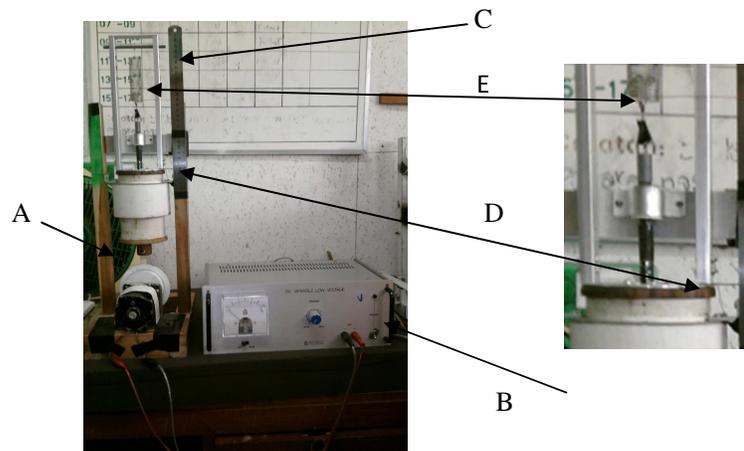
Keterangan gambar :

A = sistem getaran paksa satu derajat kebebasan

B = catu daya DC

C = AFG

D = CRO



Gambar 4. Susunan alat untuk merekam beda fase

Keterangan gambar:

A= sistem getaran paksa satu derajat kebebasan

B= catu daya DC

C= penggaris

D= jarum penunjuk simpangan piston

E= jarum penunjuk simpangan massa-pegas

- b) Setelah alat siap, maka perekaman dilakukan dengan menggunakan *video recorder*. Motor DC pada sistem divariasi dengan tegangan catu daya DC 3 volt sampai 12 volt selama 20 detik untuk tiap perubahan tegangan (*volt*). Gambar 3 adalah perekaman untuk mengetahui adanya beda fase antara simpangan piston dan simpangan massa-pegas dengan menggunakan sensor induktansi, sedangkan untuk Gambar 4 perekaman untuk mengetahui adanya beda fase antara simpangan piston dan simpangan massa-pegas dengan mengukur secara bersamaan besar simpangan piston dan simpangan massa-pegas. Setelah data terekam kemudian data diolah dengan menggunakan *software Ulead Video Studio 11*. Untuk memperoleh gambar yang diperlukan hasil rekaman dipotong tiap 1/24 detik kemudian dari hasil potongannya dibuat grafik hubungan waktu (s) dan simpangan (cm). Hasil grafik ini dianalisis dengan menggunakan deret *Fourier* dan persamaan differensial. Hasil analisis ini akan menghasilkan beda fase sistem, amplitudo komponen *fundamental* simpangan massa-pegas sebagai fungsi frekuensi pemaksa dan grafik sinusoidal simpangan piston.

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini diperoleh beberapa data dari eksperimen kemudian dilakukan analisis terhadap data tersebut menggunakan perhitungan matematis yang disesuaikan dengan teori. Hasil yang diperoleh meliputi frekuensi alami sistem massa-pegas, frekuensi simpangan pemaksa sistem massa-pegas, beda fase antara simpangan piston dengan simpangan massa-pegas dan kurva amplitudo komponen *fundamental* simpangan massa-pegas sebagai fungsi frekuensi pemaksa. Berikut ini adalah hasil penelitian yang diperoleh:

1. Frekuensi Alami Sistem Massa-Pegas

Frekuensi alami sistem diperoleh dari pengukuran massa beban, massa pegas dan konstanta pegas, hasilnya yaitu $(13,3 \pm 0,9)$ rad/s.

2. Frekuensi Simpangan Pemaksa Sistem Massa-Pegas

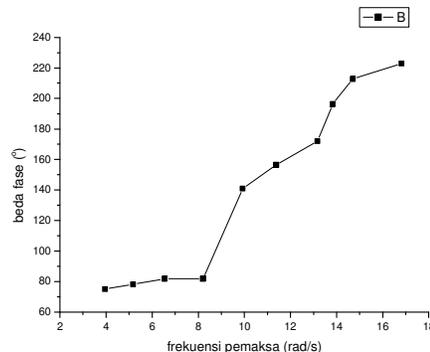
Hasil pengukuran frekuensi simpangan pemaksa yang diperoleh pada penelitian ini merupakan frekuensi *fundamental* sistem massa-pegas. Hasil tersebut diperoleh dengan mengukur frekuensi putar dari motor DC dengan menggunakan *stroboscope*. Berikut ini adalah hasil pengukurannya:

Tabel 1. Frekuensi putar motor DC (rad/s) yang diukur dengan *stroboscope*

tegangan (volt)	frekuensi putar Ω ($\pm 0,20$ rad/s)
3	3,96
4	5,17
5	6,54
6	8,20
7	9,93
8	11,38
9	13,17
10	13,83
11	14,70
12	16,82

3. Beda Fase Antara Simpangan Piston dengan Simpangan Massa-Pegas

Hasil analisis rekaman simpangan piston dan simpangan massa-pegas memperlihatkan adanya beda fase antara simpangan piston dengan simpangan massa. Beda fase bergantung pada frekuensi pemaksa; semakin besar frekuensi pemaksa, maka beda fasenya juga semakin besar, seperti yang terlihat pada gambar berikut:

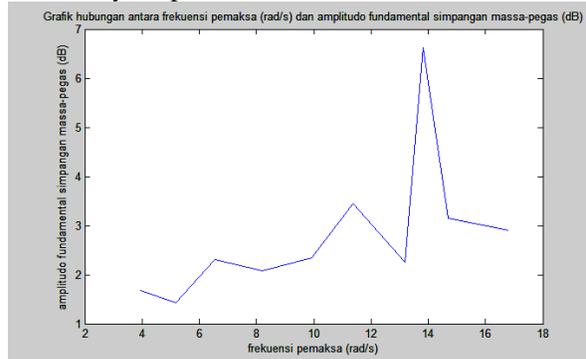


Gambar 5. Grafik beda fase antara simpangan piston dan simpangan massa-pegas pada sensor

Berdasarkan grafik pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa beda fase 90° pada sistem tidak muncul. Hal ini dikarenakan simpangan piston sebagai simpangan pemaksa tidak benar-benar sinusoidal.

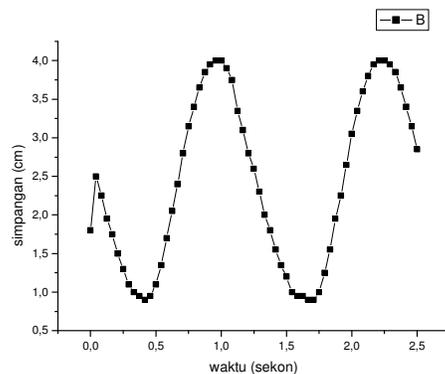
4. Kurva amplitudo komponen fundamental simpangan massa-pegas sebagai fungsi frekuensi pemaksa.

Hasil simpangan massa-pegas yang dianalisis menggunakan deret *Fourier* akan menghasilkan kurva amplitudo komponen fundamental simpangan massa-pegas sebagai fungsi frekuensi pemaksa. Hasilnya dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 6. Grafik hubungan antara frekuensi pemaksa (rad/s) dan amplitudo fundamental simpangan massa-pegas

Grafik di atas memperlihatkan amplitudo fundamental simpangan massa-pegas sebagai fungsi frekuensi pemaksa. Dari grafik terlihat amplitudo terbesar berada pada frekuensi pemaksa $\Omega = (13,8 \pm 0,2)$ rad/s, hasil ini tidak sama dengan hasil frekuensi alami sistem yang telah diperoleh sebelumnya. Hal ini disebabkan karena simpangan pistonnya tidak benar-benar sinusoidal. Berikut hasil analisis rekaman simpangan piston yang menunjukkan bahwa simpangan piston tidak benar-benar sinusoidal :



Gambar 7. Plot grafik rekaman simpangan pada piston

Grafik yang terlihat pada Gambar 7 di atas merupakan hasil analisis rekaman simpangan piston. Grafik di atas memperlihatkan bahwa simpangan piston bukan sinusoidal sempurna. Berdasarkan kondisi ini dapat diketahui bahwa sebenarnya sinyal *input* yang masuk tidak hanya satu frekuensi saja tetapi ada beberapa sinyal *input* yang masuk untuk menggerakkan sistem. Oleh karena simpangan piston bukan sinusoidal sempurna menyebabkan peneliti tidak bisa menentukan dimana tepatnya resonansi terjadi.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada sistem getaran mekanik, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Dengan menggunakan pemodelan matematis kita dapat membuat dan mengkondisikan alat dalam hal ini sistem getaran paksa satu derajat kebebasan. Fenomena resonansi dalam penelitian ini tidak dapat ditentukan, karena gerakan pistonnya tidak benar-benar sinusoidal yang berarti bahwa *input* sistem tidak hanya satu frekuensi saja. Sistem sudah dikondisikan bergerak dengan gerakan satu derajat kebebasan, akan tetapi getaran yang terjadi bukan getaran harmonik sederhana.

Daftar Pustaka

- Bottega, William J. (2006). *Engineering Vibrations*. New York: Taylor & Francis.
- Fraden, Jacob. (2010). *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications Fourth Edition*. New York: Springer.
- French, A.P. (1971). *Vibration and Waves*. New York: The M.I.T.
- Halliday & Resnick (alih bahasa: Pantur Silaban & Erwin Sucipto). (1980). *Fisika Jilid I Edisi Ketiga (Getaran)*. Jakarta: Erlangga.
- Reynolds, Douglas D. (1981). *Engineering Principles of Accoustics (Noice and Vibration Control)*. Massachusetts: Weshling Publishing Company, Inc.
- Young & Freedman (alih bahasa: Endang Juliastuti). (2002). *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 1(Gerak Periodik)*. Jakarta: Erlangga.
- http://beltoforion.de/pendulum_revisited/Damped_oscillation_graph2.png, 4 Juli 2010.
- <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/17339/4/Chapter%20II.pdf>, 4 Juli 2010
- <http://yefrichan.files.wordpress.com/2010/05/diktat-getaran-mekanik1.pdf>, 4 Juli 2010
- www.scribd.com/doc/37803025/stroboscope, 4 November 2010

