



Simulasi Sederhana Redaman Gelombang Pegas

Iman Noor*, Andry Fitrian, Popi Purwanti
 Universitas Indraprasta PGRI Jakarta
 * E-mail: iman.noor009@gmail.com

Info Artikel

Sejarah Artikel:
 Diterima: 25 Mei 2021
 Disetujui: 5 Juni 2021
 Dipublikasikan: 30 Juni 2021

Kata kunci:

Redaman, Gelombang, Pegas, Runge
 – Kutta, Matlab

Abstrak

Penelitian simulasi sederhana redaman gelombang pegas sudah dilakukan. Persamaan diferensial osilasi harmonik pegas diselesaikan secara numerik dengan menggunakan metode *Runge-Kutta* orde 4 pada aplikasi *Matlab*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mensimulasikan osilasi teredam pada pegas, mengetahui dan mempelajari makna fisis konstanta redaman gelombang pegas. Hasil penelitian yang telah didapatkan menunjukkan bahwa semakin besar konstanta redaman dengan massa benda dan konstanta pegas adalah konstan, maka semakin cepat redaman osilasi yang dihasilkan.

PENDAHULUAN

Setiap gerak yang terjadi secara berulang – ulang dalam selang waktu tertentu disebut gerak periodik. Gerak periodik yang terjadi secara teratur disebut dengan gerak harmonis (Karyasa, 2011). Contoh bentuk sederhana dari gerak periodik adalah benda yang berosilasi pada pegas.

Fenomena osilasi pada pegas banyak dikaji oleh para peneliti, diantaranya adalah simulasi osilasi harmonik sederhana dan teredam pada pegas menggunakan pemrograman delphi 7.0 (Elvira, 2009) dan pengukuran koefisien redaman pada sistem osilasi pegas – magnet dan kumpuran menggunakan video (Erwiastuti, 2015). Berbagai model matematika dikonstruksi untuk menggambarkan sifat fisis dari getaran tersebut. Suatu persamaan yang mendeskripsikan gaya pegas, dan peredam dengan melibatkan massa benda m , konstanta pegas k , dan konstanta redaman c .

Penelitian ini fokusnya adalah mempelajari makna fisis redaman osilasi pegas dengan cara mensimulasikan redaman gelombang pegas berdasarkan perubahan nilai konstanta redaman pegas, nilai konstanta pegas, dan perubahan nilai massa benda.

Simulasi redaman osilasi pegas dilakukan dengan menggunakan metode Runge – Kutta orde 4. Metode ini digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial pada pegas.

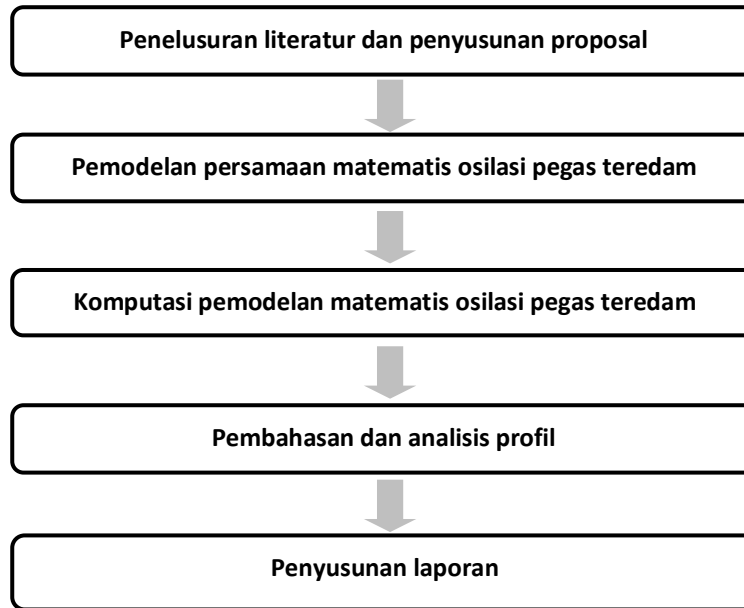
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara perhitungan numerik menggunakan metode Runge – Kutta orde 4 dengan aplikasi *Matlab2013a*. Mekanisme osilasi pegas yang terjadi diasumsikan adalah getaran bebas. Variabel – variabel yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah simpangan pegas, waktu osilasi, kecepatan mula – mula benda, massa benda, konstanta pegas, dan konstanta peredam pegas.

Kondisi awal pegas yang diukur adalah simpangan pegas dengan nilai 10 cm, kecepatan awal benda 0 cm/detik, lama pengamatan adalah 18 detik. Adapun variabel – variabel yang diubah dalam pengukuran adalah massa benda, konstanta pegas, dan konstanta peredam pegas.

Besar massa benda yang diukur adalah 1 gr, 2 gr, dan 3 gr. Sedangkan konstanta pegas yang diukur dimulai dari 2 N/cm, 3 N/cm, dan 5 N/cm, serta konstanta peredam pegas diukur adalah 0.5 N/cm, 0.8 N/cm, dan 1 N/cm.

Adapun prosedur pengerjaan penelitian ini adalah menentukan pemodelan persamaan matematis untuk osilasi pegas teredam, transformasi persamaan analitik ke persamaan numerik berdasarkan metode Runge – Kutta orde 4, melakukan perhitungan secara komputasi dari persamaan numerik, pembahasan dan analisis profil redaman gelombang pegas, serta pembuatan laporan.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Persamaan Matematis Osilasi Pegas Teredam

Osilasi terjadi jika suatu sistem diberi gangguan dari posisi kestimbangan stabilnya. Karakteristik gerak osilasi adalah bersifat periodik atau gerak berulang – ulang. Gerak gelombang erat kaitannya dengan gerak osilasi. Sistem yang bergetar menghasilkan osilasi dapat menjalar melalui beberapa medium yaitu, air, udara, dan zat padat. Salah satu contoh gerak osilasi adalah osilasi pada pegas teredam.

Pada gerak osilasi teredam, gaya netto yang bekerja pada benda bermassa m adalah gaya pegas F_s , dan gaya peredam F_d . Gaya pegas besarnya sebanding dengan konstanta pegas k , serta jarak perpindahan (vertikal) dari posisi kesetimbangan y . Secara matematis, dapat dituliskan sebagai berikut :

$$F_s = -k \cdot y \tag{1}$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa gaya yang terjadi akan mengembalikan massa m ke posisi kesetimbangan.

Gaya peredam secara matematis, dinyatakan sebagai berikut :

$$F_d = -c \frac{dy}{dt} \tag{2}$$

Konstanta c adalah koefisien peredam dan dy/dt adalah kecepatan massa m pada arah vertikal. Tanda negatif menunjukkan bahwa gaya peredam bekerja pada arah yang berlawanan dengan arah kecepatan benda bermassa m .

Berdasarkan Hukum Newton kedua untuk sistem pegas – teredam, secara matematis dinyatakan sebagai berikut :

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = -c \frac{dy}{dt} - ky \quad (3)$$

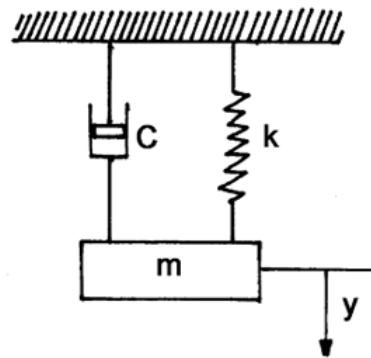
atau

$$m \frac{d^2y}{dt^2} + c \frac{dy}{dt} + ky = 0 \quad (4)$$

Dengan besar percepatan yang dialami benda adalah :

$$a = -\frac{c}{m} v - \frac{k}{m} y \quad (5)$$

Persamaan (4) dan (5) inilah yang digunakan dalam mensimulasikan osilasi pegas teredam.



Gambar 2. Sistem Pegas Teredam

Metode Runge – Kutta Orde 4

Metode Runge – Kutta merupakan metode satu langkah yang memberikan ketelitian hasil yang lebih besar dan tidak memerlukan turunan fungsi. Bentuk umum dari metode ini adalah :

$$x_{i+1} = x_i + \phi(t_i, x_i, h)h \quad (6)$$

dengan $\phi(t_i, x_i, h)$ adalah fungsi pertambahan yang merupakan kemiringan rerata pada interval dan digunakan untuk ekstrapolasi nilai lama x_i ke nilai x_{i+1} sepanjang interval h .

Metode Runge – Kutta yang sering digunakan untuk menyelesaikan suatu persamaan diferensial adalah metode Runge – Kutta orde 4. Metode Runge – Kutta merupakan metode yang paling teliti dibandingkan dengan metode Runge – Kutta yang berorde dibawahnya. Secara ringkas, metode Runge – Kutta orde 4 dinyatakan sebagai berikut :

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)h \quad (7)$$

Dengan

$$k_1 = f(t, v, y) \quad (8)$$

$$k_2 = f\left(t_i + \frac{1}{2}h, v_i + \frac{1}{2}hk_1, y_i + \frac{1}{2}hk_1\right) \quad (9)$$

$$k_3 = f\left(t_i + \frac{1}{2}h, v_i + \frac{1}{2}hk_2, y_i + \frac{1}{2}hk_2\right) \quad (10)$$

$$k_4 = f\left(t_i + \frac{1}{2}h, v_i + \frac{1}{2}hk_3, y_i + \frac{1}{2}hk_3\right) \quad (11)$$

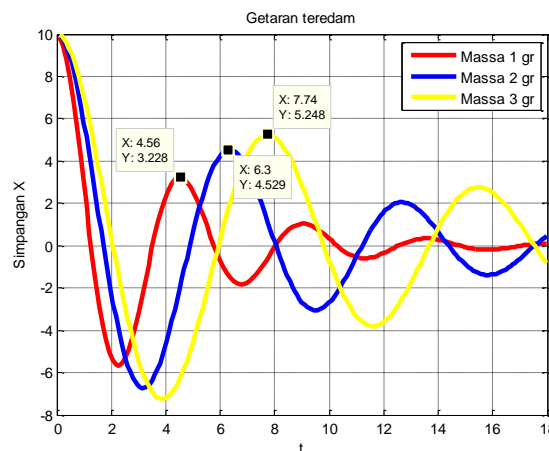
Simulasi Profil Redaman Osilasi Pegas

Simulasi redaman gelombang pegas ini dibagi menjadi tiga jenis profil, yaitu berdasarkan variasi nilai massa, variasi koefisien konstanta pegas, dan variasi koefisien konstanta peredam pegas.

Simulasi redaman osilasi pegas berdasarkan variasi nilai massa yang dilakukan, dimulai dari massa 1 gr, 2 gr, dan 3 gr, dengan masing – masing simpangan adalah 10 cm, lama pengamatan (waktu) masing -masing adalah selama 18 detik, nilai $k=2$ N/cm dan $c=0.5$ N/cm menunjukkan bahwa massa 1 gr menghasilkan osilasi redaman pertama yang terkecil dibandingkan dengan massa 2 gr, dan massa 3 gr.

Besar nilai simpangan osilasi redaman pertama pada massa 3 gr adalah 5.428 cm pada waktu 7.740 detik. Pada massa 2 gr, besar nilai simpangan osilasi redaman pertama adalah 4.529 cm pada waktu 6.300 detik. Sedangkan pada massa 1 gr, besar nilai simpangan osilasi redaman pertama adalah 3.228 cm pada waktu 4.560 detik.

Berdasarkan simulasi redaman osilasi pegas dengan variasi nilai massa, didapatkan bahwa semakin kecil massa benda, dengan konstanta pegas dan konstanta redaman pegas adalah konstan, maka semakin cepat redaman osilasi yang dihasilkan.

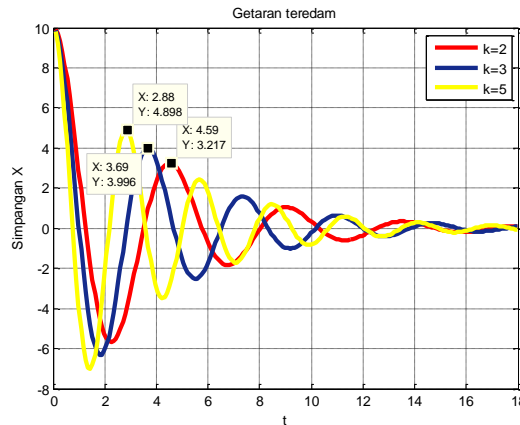


Gambar 3. Profil Redaman Osilasi Pegas Berdasarkan Variasi Massa m

Selanjutnya simulasi redaman osilasi pegas berdasarkan variasi nilai konstanta pegas yang dilakukan, dimulai dari $k=2$ N/cm, $k=3$ N/cm, dan $k=5$ N/cm dengan masing – masing simpangan adalah 10 cm, lama pengamatan (waktu) masing -masing adalah selama 18 detik, nilai massa =1 gr dan $c=0.5$ N/cm menunjukkan bahwa konstanta pegas $k=5$ N/cm menghasilkan osilasi redaman pertama yang terbesar dibandingkan dengan konstanta $k= 2$ N/cm, $k=3$ N/cm.

Besar nilai simpangan osilasi redaman pertama pada konstanta pegas $k=2$ N/cm adalah 3.178 cm pada waktu 4.590 detik. Pada konstanta pegas $k= 3$ N/cm, besar nilai simpangan osilasi redaman pertama adalah 3.996 cm pada waktu 3.690 detik. Sedangkan pada konstanta pegas $k=5$ N/cm, besar nilai simpangan osilasi redaman pertama adalah 4.898 cm pada waktu 2.880 detik.

Berdasarkan simulasi redaman osilasi pegas dengan variasi nilai konstanta pegas k , didapatkan bahwa semakin besar konstanta pegas, dengan massa benda dan konstanta redaman pegas adalah konstan, maka semakin lama redaman osilasi yang dihasilkan.

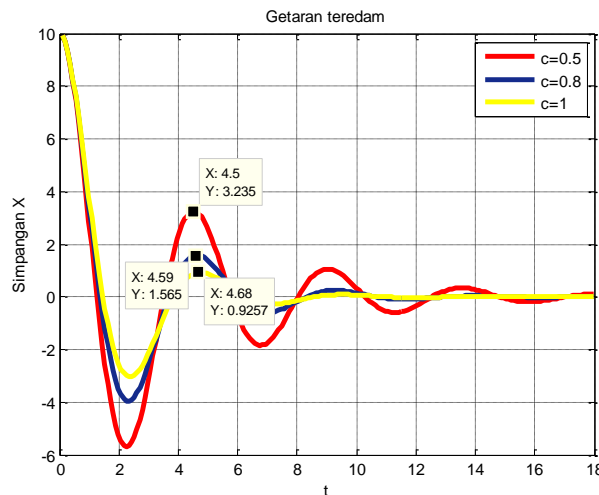


Gambar 4. Profil Redaman Osilasi Pegas Berdasarkan Konstanta Pegas k

Perhitungan hasil numerik yang terakhir yaitu simulasi redaman osilasi pegas berdasarkan variasi nilai konstanta redaman pegas yang dilakukan, dimulai dari $c=0.5$ N/cm, $c=0.8$ N/cm, dan $c=1$ N/cm dengan masing – masing simpangan adalah 10 cm, lama pengamatan (waktu) masing -masing adalah selama 18 detik, nilai massa =1 gr dan $k=2$ N/cm menunjukkan bahwa konstanta redaman pegas $c=1$ N/cm menghasilkan simpangan osilasi redaman pertama yang terkecil dibandingkan dengan konstanta $c= 0.8$ N/cm, $c=0.5$ N/cm.

Besar nilai simpangan osilasi redaman pertama pada konstanta redaman pegas $c=0.5$ N/cm adalah 3.235 cm pada waktu 4.500 detik. Pada konstanta redaman pegas $c= 0.8$ N/cm, besar nilai simpangan osilasi redaman pertama adalah 1.565 cm pada waktu 4.590 detik. Sedangkan pada konstanta redaman pegas $c=1$ N/cm, besar nilai simpangan osilasi redaman pertama adalah 0.927 cm pada waktu 4.680 detik.

Berdasarkan simulasi redaman osilasi pegas dengan variasi nilai konstanta redaman pegas c , didapatkan bahwa semakin besar konstanta redaman pegas, dengan massa benda dan konstanta pegas adalah konstan, maka semakin cepat redaman osilasi yang dihasilkan.



Gambar 5. Profil Redaman Osilasi Pegas Berdasarkan Konstanta Redaman Pegas c

PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, simpulan yang didapat adalah massa, konstanta pegas k, dan konstanta redaman pegas c merupakan variabel – variabel yang mempengaruhi cepat atau lambatnya osilasi redaman pegas menuju posisi kesetimbangan. Semakin kecil massa benda, dengan konstanta pegas dan konstanta redaman pegas adalah konstan, maka semakin cepat redaman osilasi yang dihasilkan. Semakin besar konstanta pegas, dengan massa benda dan konstanta redaman pegas adalah

konstan, maka semakin lama redaman osilasi yang dihasilkan. Semakin besar konstanta redaman pegas, dengan massa benda dan konstanta pegas adalah konstan, maka semakin cepat redaman osilasi yang dihasilkan.

Penelitian ini diharapkan bisa dijadikan dasar untuk melakukan penelitian yang serupa oleh para peneliti dengan merekonstruksi persamaan diferensial gerak harmonik pegas, disertai dengan menggunakan metode komputasi yang lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada LPPM Unindra yang telah membantu secara langsung terhadap penelitian ini, sehingga penelitian dapat dilakukan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Elvira, R. (2009). *Simulasi osilasi harmonik sederhana dan teredam pada pegas menggunakan pemrograman delphi 7.0*. Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung.
- Erwiastuti, L. (2015). *Pengukuran koefisien redaman pada sistem osilasi pegas – magnet dan kumpuran menggunakan video*. Yogyakarta: USD
- Karyasa, T. (2011). *Dasar – Dasar Getaran Mekanis*. Yogyakarta: Andi
- Oey, L. (2016). *Redaman Pada Sistem Osilasi Pegas – Benda dengan Massa yang Berkurang Secara Kontinyu*. Yogyakarta: USD
- Wazwaz, A.M. (2009). *Partial Differential Equation and Solitary Waves Theory*. Berlin Heidelberg: Springer.