

# Analisis Gerak Benda pada Sistem dengan Banyak Gaya menggunakan Sensor Gaya, Sensor Gerak dan Video.

Sawato Sisokhi Maruhawa\*, Ign Edi Santosa

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Sanata Dharma

Kampus III Universitas Sanata Dharma, Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, DI Yogyakarta 55284

\*e-mail: [sawatosisokhi@gmail.com](mailto:sawatosisokhi@gmail.com)

**Abstrak** – Telah dilakukan analisis gerak benda yang melibatkan banyak gaya. Analisis semacam ini khususnya ditingkat sekolah menengah sangat jarang dilakukan. Penelitian ini dilakukan dengan menghubungkan sepasang kereta menggunakan seutas tali yang diletakkan pada bidang miring. Kemudian salah satu kereta dihubungkan pada suatu tiang tetap menggunakan pegas. Keadaan ini dapat dianalisis dengan menerapkan terlebih dahulu diagram gaya kemudian menggunakan Hukum II Newton sebagai solusi pemecahan sistem gerak benda. Pada kedua kereta dipasang sensor gaya yang digunakan untuk mengukur gaya pegas dan tegangan tali. Pergerakan kereta direkam menggunakan kamera dan sensor gerak yang digunakan untuk mengukur posisi, kecepatan dan percepatan kereta. Hasil rekaman video dan sensor gerak dianalisis menggunakan perangkat lunak Logger Pro. Dari analisis rekaman video dan sensor gerak dapat diperoleh data berupa grafik hubungan kecepatan dan posisi terhadap perubahan waktu yang berbentuk grafik sinusoidal.

**Kata kunci:** gaya, sensor gaya, sensor gerak, video

**Abstract** – An analysis of the motion of objects involving many forces has been carried out. This kind of analysis, especially at the secondary school level, is rarely carried out. This research was conducted by connecting a pair of carts using a rope placed on an inclined plane. Then one of the carts is connected to a fixed pole using a spring. This situation can be analyzed by first applying the force diagram and then using Newton's second law as a solution to solve the motion system of objects. In both carts, a force sensor is installed, which is used to measure the spring force and the tension of the rope. The movement of the cart is recorded using camera and motion sensors, which are used to measure the position, speed, and acceleration of the cart. The results of video recordings and motion sensors were analyzed using Logger Pro software. From the analysis of video recordings and motion detectors, data can be obtained in the form of a graph of the relationship of speed and position to changes in time in the form of a sinusoidal graph

**Keywords:** force, force detector, motion detector, video

## I. PENDAHULUAN

Hukum Newton merupakan hukum tentang gaya dan gerak. Hukum Newton menyatakan hubungan antara gaya, massa dan gerak benda [1]. Analisis gerak benda pada suatu sistem telah banyak dilakukan dengan menerapkan hukum Newton. Terdapat berbagai macam gaya yang muncul pada setiap gerak benda seperti gaya gravitasi, gaya normal, gaya gesek, tegangan tali dan gaya pegas. Gaya-gaya dan variabel yang bekerja pada suatu sistem dapat dianalisis dengan menerapkan hukum kedua Newton. Dalam menganalisis gaya-gaya yang bekerja dalam suatu sistem dapat dilakukan dengan membuat diagram gaya terlebih dahulu. Diagram gaya digunakan sebagai metode untuk menganalisis pengaruh gaya dan variabel yang mempengaruhi sebuah sistem gerak [2]. Diagram gaya digunakan untuk menunjukkan gaya apa saja yang bekerja dalam sistem dengan cara membuat tanda arah panah.

Dalam buku matapelajaran fisika sekolah menengah, analisis gerak pada sistem dengan banyak gaya sangat jarang ditemui. Padahal banyak kejadian dan fenomena gerak dalam kehidupan sehari-hari yang jika dianalisis memiliki berbagai jenis gaya yang terlibat di dalamnya.

Analisis gerak benda pada suatu sistem dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan video. Gerakan benda direkam kemudian diolah menggunakan *software Logger Pro*. Penelitian dilakukan untuk menentukan pengaruh massa kereta terhadap percepatan kereta pada lintasan miring, yang melibatkan gaya normal, gaya berat dan gaya gesek menggelinding [3].

Pengukuran koefisien gesekan gelinding dan faktor redaman benda dapat dilakukan menggunakan bantuan video dan sensor gerak [4]. Bola yang bergerak pada bidang lengkung direkam menggunakan kamera dan sensor gerak. Video rekaman dan data sensor gerak dianalisis menggunakan *software Logger Pro* sehingga menghasilkan grafik posisi terhadap waktu. Dari hasil analisis gerak bola diperoleh nilai koefisien gaya gesek gelinding dan faktor redaman.

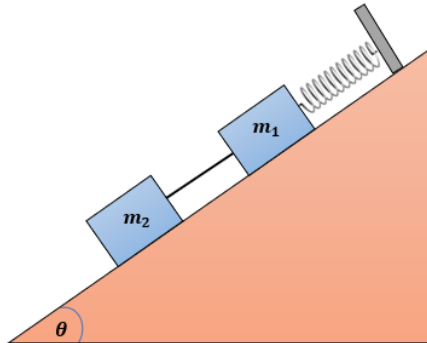
Analisis gerak benda pada sistem dengan banyak gaya dapat dilakukan dengan menggunakan sensor gaya dan sensor gerak. Rangkaian penelitian disusun dengan melibatkan berbagai gaya didalamnya seperti gaya pegas, tegangan tali, gaya berat, gaya normal dan gaya gesek. Analisis gerak benda menggunakan sensor gaya dan sensor gerak menghasilkan beberapa grafik hubungan antara variabel-variabel dalam gerak seperti grafik hubungan kecepatan terhadap waktu [5]. Analisis gerak pada sistem dilakukan dengan menggunakan sensor gaya, sensor gerak, *interface* dan komputer. Alat semacam ini relatif mahal.

Berdasarkan pemaparan di atas akan dilakukan analisis gerak benda pada sistem dengan banyak gaya menggunakan analisis rekaman video. Metode pengambilan data pada penelitian ini menggunakan *smartphone* sebagai alat ukur pengambilan data. *Smartphone* digunakan untuk merekam benda yang bergerak pada lintasan. Gerakan benda akan dianalisis menggunakan *software* sehingga dapat diperoleh posisi dan kecepatan benda [6]. Analisis gerakan benda menggunakan rekaman video dapat digunakan dalam proses

belajar di sekolah. Dengan menggunakan rekaman video yang tersedia pada *smartphone*, seluruh peristiwa gerak benda dapat direkam. Hasil rekaman gerak benda dapat dianalisis menggunakan perangkat lunak pengolah video, sehingga rekaman jejak benda dapat langsung diamati oleh siswa.

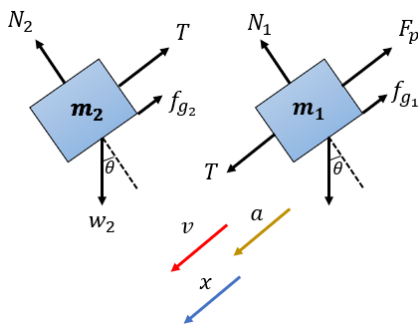
**II. LANDASAN TEORI**

Benda yang bergerak pada lintasan miring seperti ditunjukkan pada gambar (1) dapat dianalisis dengan menerapkan hukum II Newton.



Gambar 1. Sketsa pengaturan rangkaian eksperimen

Ketika benda bergerak ke bawah gaya pada kereta dapat dilihat seperti pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Diagram gaya pada kedua benda ketika bergerak ke bawah.

Percepatan kereta dapat dianalisis dengan meninjau arah masing-masing benda ketika bergerak ke bawah dan ke atas. Ketika benda bergerak ke bawah, maka persamaan untuk benda 1 dan benda 2 secara berurutan ditunjukkan oleh persamaan 1 dan 2.

$$T + m_1 g \sin \theta - \mu_k m_1 g \cos \theta - kd = m_1 a \tag{1}$$

$$m_2 g \sin \theta - T - \mu_k m_2 g \cos \theta = m_2 a \tag{2}$$

Dengan  $g$  merupakan percepatan gravitasi,  $\theta$  adalah sudut kemiringan lintasan,  $\mu_k$  koefisien gaya gesek,  $k$  konstanta pegas,  $m_2$  dan  $m_1$  massa kedua kereta dan  $d$  adalah panjang pegas selama beresilasi.

Dengan mensubstitusikan persamaan (1) ke persamaan (2), akan diperoleh percepatan kereta:

$$a_{turun} = g(\sin \theta - \mu_k \cos \theta) - \frac{kd}{(m_2+m_1)} \tag{3}$$

Sedangkan ketika kereta bergerak ke atas percepatan kereta diperoleh dengan mengubah arah masing-masing gaya gesek yang bekerja pada kereta.

$$a_{naik} = g(\sin \theta + \mu_k \cos \theta) - \frac{kd}{(m_2+m_1)} \tag{4}$$

Analisis gerak benda dilakukan dengan meninjau perubahan posisi benda, sehingga  $d$  menjadi:

$$d = s - x \tag{5}$$

Dengan  $s$  adalah pertambahan panjang pegas saat diberi beban dalam keadaan diam dan  $x$  adalah posisi benda selama beresilasi, sehingga persamaan (3) dan (4) menjadi:

$$a_{turun} = g(\sin \theta - \mu_k \cos \theta) + \frac{k(s-x)}{(m_2+m_1)} \tag{6}$$

dan

$$a_{naik} = g(\sin \theta + \mu_k \cos \theta) + \frac{k(s-x)}{(m_2+m_1)} \tag{7}$$

Selain percepatan kereta, persamaan gaya pegas dan tegangan tali yang menghubungkan kedua kereta dapat diperoleh:

$$F_p = k(s - x) \tag{8}$$

dan

$$T = \frac{m_2}{(m_1+m_2)} k(s - x) \tag{9}$$

Dengan  $F_p$  adalah gaya pegas dan  $T$  adalah tegangan tali yang menghubungkan kedua kereta.

Gerakan kereta pada sistem mengalami redaman sehingga setiap waktu amplitudonya akan berkurang. Gerakan kereta membentuk gerak bolak balik dimana perubahan posisi dari kereta dapat ditentukan menggunakan persamaan posisi pada gerak harmonik sederhana.

Perubahan posisi kereta pada sistem mengikuti persamaan:

$$x(t) = A \sin (\omega t + \phi) \tag{9}$$

Dengan  $A$  adalah amplitudo,  $\omega$  adalah percepatan sudut,  $t$  adalah waktu, dan  $\phi$  adalah fase awal.

Dengan menurunkan persamaan (9) terhadap waktu diperoleh persamaan untuk kecepatan kereta.

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = \frac{d}{dt} [A \sin (\omega t + \phi)]$$

$$v(t) = \omega A \cos (\omega t + \phi) \tag{10}$$

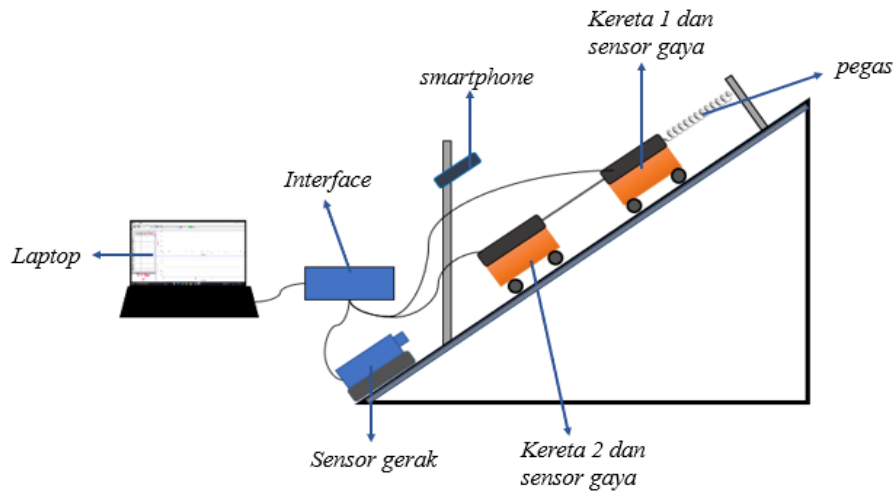
**III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN**

Penelitian ini dilakukan dengan meletakkan sepasang kereta pada suatu lintasan miring yang dihubungkan menggunakan sutas tali. Kemudian kereta dihubungkan pada tiang tetap menggunakan pegas seperti ditunjukkan oleh gambar (3).

Pada kedua kereta diberikan sensor gaya untuk mengukur gaya pegas dan tegangan tali yang menghubungkan kedua

kereta. Sensor gaya diletakkan pada ujung bawah lintasan. Pergerakan kereta dilakukan bersamaan dengan pengambilan data menggunakan sensor gaya dan sensor gerak.

Nilai  $\mu_k$  merupakan koefisien gaya gesek antara roda kereta dengan papan lintasan. Koefisien gaya gesek ditentukan dengan menganalisis gerak kereta pada papan



**Gambar 3.** Susunan Peralatan untuk Pengambilan Data Posisi, Kecepatan, Percepatan, Gaya Pegas, dan Tegangan Tali.

lintasan yang telah dibuat datar. Nilai percepatan gerak kereta dapat ditentukan dengan menganalisis video rekaman gerak kereta menggunakan *software logger pro*. Hasil analisis koefisien gaya gesek adalah sebesar  $\mu_k = 0.034$ .

Konstanta pegas ( $k$ ) ditentukan dengan mengukur pertambahan panjang pegas ketika diberikan beban. Massa beban yang digunakan adalah 50 gram, 100 gram, 150 gram, 200 gram, 250 gram. Konstanta pegas ditentukan dengan membuat grafik hubungan antara gaya (berat beban) terhadap perubahan panjang pegas dimana nilai gradien dari grafik tersebut merupakan konstanta pegas sehingga diperoleh nilai konstanta pegas sebesar  $k = (122,5 \pm 0,4)N/m$ .

Massa kereta diukur menggunakan neraca ohaus. Nilai dari  $m_1$  dan  $m_2$  merupakan nilai dari masing-masing massa kereta 1 dan kereta 2 ditambah dengan massa sensor gaya. Pada penelitian ini massa kereta dibuat sama yaitu sebesar  $m = (0,6004 \pm 0,0005) \text{ kg}$ .

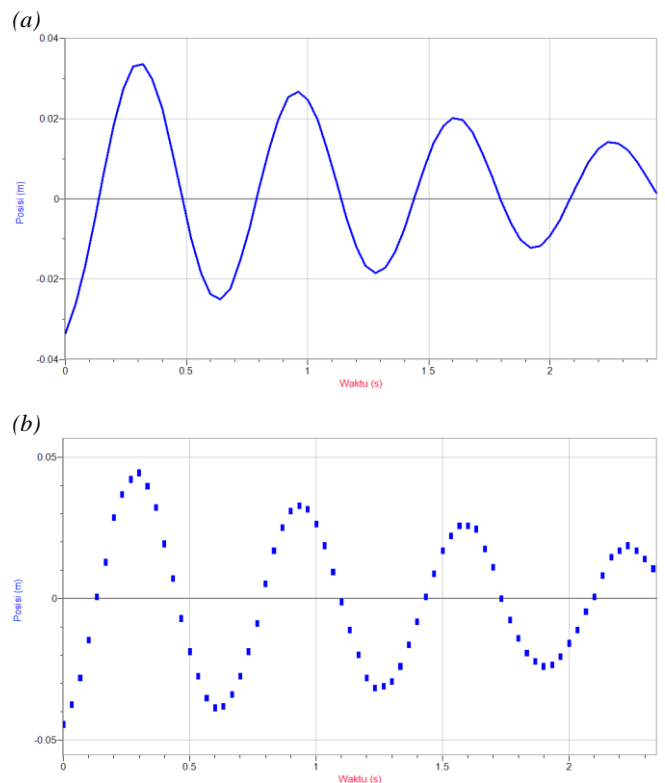
Pertambahan panjang ( $s$ ) ditentukan dengan mengukur panjang awal pegas dan panjang pegas setelah diberikan beban. Pada penelitian ini panjang awal pegas adalah 1 cm dan panjang pegas setelah diberikan beban kedua kereta adalah 6 cm sehingga pertambahan panjang pegas setelah diberikan beban adalah 5 cm.

Sudut kemiringan lintasan adalah sebesar  $\theta = (27,6 \pm 0,2)^\circ$

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data yang diperoleh dari sensor gaya, sensor gerak dan rekaman video kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak Logger Pro. Grafik posisi dan kecepatan kereta terhadap perubahan waktu dapat diperoleh melalui data sensor gerak dan analisis rekaman video menggunakan perangkat lunak Logger Pro.

Setelah data dikalibrasi akan diperoleh grafik seperti ditunjukkan pada gambar berikut.

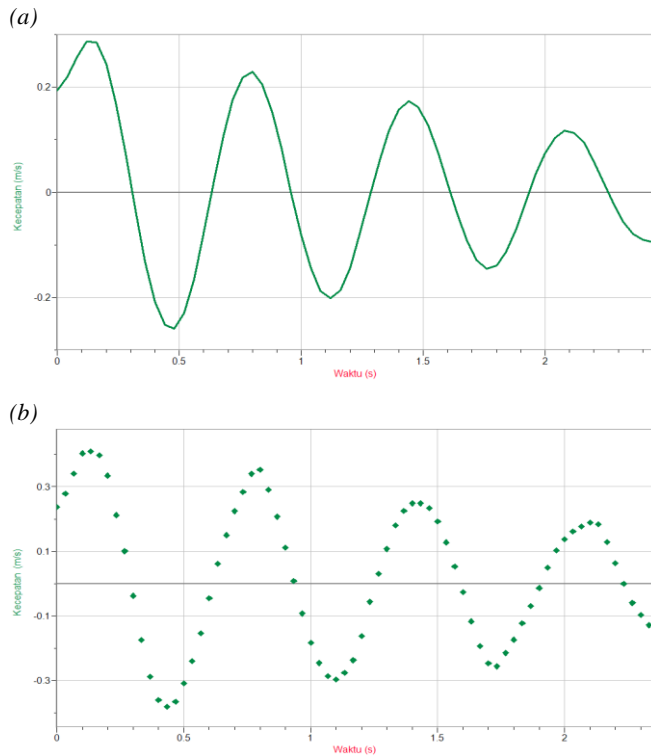


**Gambar 4.** (a) Grafik Hubungan Posisi terhadap Waktu Menggunakan Sensor Gerak. (b) Grafik Hubungan Posisi terhadap Waktu Menggunakan Analisis Rekaman Video.

Berdasarkan gambar 4, dapat dilihat hubungan posisi terhadap waktu menghasilkan grafik sinusoidal. Bentuk grafik ini sesuai dengan persamaan (9). Hasil grafik yang diperoleh menggunakan analisis video menunjukkan bentuk

yang sama dengan grafik yang diperoleh menggunakan sensor gerak.

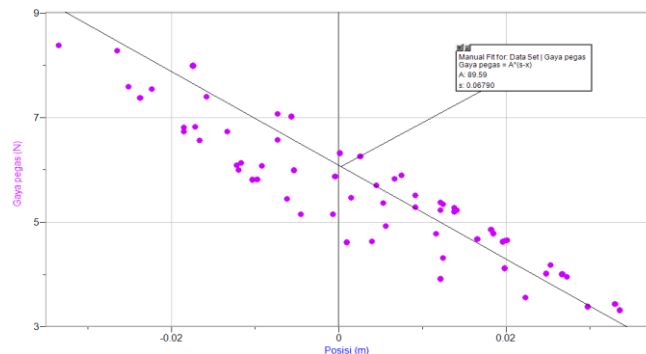
Dari data sensor gerak dan analisis rekaman video dapat diperoleh grafik hubungan antara kecepatan terhadap waktu.



**Gambar 5.** (a) Grafik Hubungan Kecepatan terhadap Waktu Menggunakan Sensor Gerak. (b) Grafik Hubungan Kcepatan terhadap Waktu Menggunakan Analisis Rekaman Video

Berdasarkan gambar 5, dapat dilihat hubungan kecepatan terhadap waktu menghasilkan grafik sinusoidal. Terdapat perbedaan fase antara grafik kecepatan dan posisi terhadap waktu. Bentuk grafik ini sesuai dengan persamaan (10). Hasil grafik yang diperoleh menggunakan analisis video menunjukan bentuk yang sama dengan grafik yang diperoleh menggunakan sensor gerak.

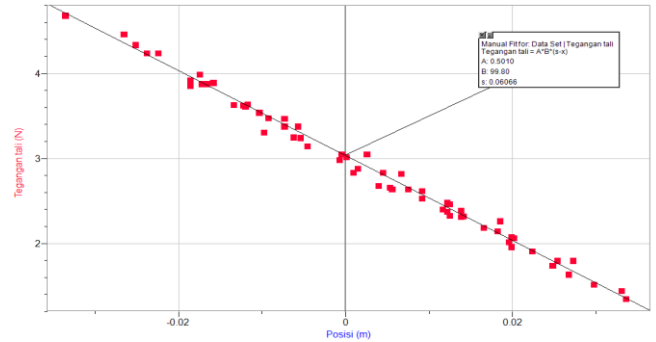
Dari data sensor gaya dapat diperoleh grafik hubungan antara gaya pegas terhadap posisi.



**Gambar 6.** Grafik Hubungan antara Gaya Pegas terhadap Posisi.

Berdasarkan gambar 6, dapat dilihat hubungan antara gaya pegas terhadap posisi menghasilkan grafik linear. Bentuk grafik ini sesuai dengan persamaan (7).

Dari data sensor gaya dapat diperoleh grafik hubungan antara gaya pegas terhadap posisi.



**Gambar 7.** Grafik Hubungan antara Tegangan Tali terhadap Posisi.

Dari gambar 7, dapat dilihat hubungan antara tegangan tali terhadap posisi menghasilkan grafik linear. Bentuk grafik ini sesuai dengan persamaan (8).

**V. KESIMPULAN**

Analisis gerak benda pada sistem dengan banyak gaya dapat dilakukan menggunakan sensor gaya, sensor gerak, dan analisis rekaman video. Dengan menggunakan sensor gaya dapat diperoleh data gaya pegas dan tegangan tali pada sistem. Dengan menggunakan analisis rekaman video dapat diperoleh data posisi, kecepatan, dan percepatan kereta yang sama dengan data yang diperoleh menggunakan sensor gerak.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak P. Ngadiono dan rekan Edwin Adrianus Soo yang telah membantu pelaksanaan eksperimen.

**PUSTAKA**

- [1] Tipler P. A., *Fisika untuk Sains dan Teknik* diterjemahkan oleh Lea Prasetion dan Rahmat W. Adi, Erlangga, 1998.
- [2] Giancoli, Douglas C., *Fisika: Prinsip dan Aplikasi* diterjemahkan oleh Irzam Hardiansyah, S.T, jilid 1, edisi ketujuh, Erlangga, 2014.
- [3] Kurniawan, H. Didik, Pengaruh massa kelereng dalam bidang miring yang direkam menggunakan video, *Skripsi JPMIPA*, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2016.
- [4] Kristiono, Agung, Pengukuran koefisien gesekan gelinding dan faktor redaman bola yang menggelinding pada bidang lengkung menggunakan analsisi video dan sensor gerak, *Skripsi JPMIPA*, Universitas Snata Dharma, Yogyakarta, 2021.
- [5] C. E. Mungan, Conceptual and laboratory exercise to apply Newton’s second law to a system of many forces, *IOP Science*, vol. 47 No. 3, 2012, pp. 274-287.
- [6] Santosa, Ign. Edi, *Metoda Pengukuran Fisika*, Sanata Dharma Press, 2017.