



Penggunaan *Video Based Laboratory* (VBL) dalam Menentukan Nilai Modulus Elastisitas Penggaris Aluminium

Irnin Agustina Dwi Astuti[✉], Ria Asep Sumarni, Yoga Budi Bhakti

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indraprasta PGRI

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Januari 2018
Disetujui Januari 2018
Dipublikasikan Maret 2018

Keywords:
VBL, Modulus elastisitas,
Penggaris

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai modulus elastisitas penggaris aluminium menggunakan *Video Based Laboratory* (VBL) dan analisis tracker. Pokok bahasan yang dibahas mengenai materi elastisitas, karena materi ini masih abstrak dan masih berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Untuk mengatasi masalah tersebut maka diciptakan inovasi pembelajaran dalam bentuk alat peraga fisika yang inovatif yang dapat menarik respon siswa dalam belajar fisika. Eksperimen adalah suatu usaha terencana untuk menjawab sebuah pertanyaan dengan membuat suatu kegiatan dibawah kondisi-kondisi terkontrol. Alat ini terdiri dari penggaris aluminium, beban, jangka sorong, mikrometer skrup, skrup, neraca, laptop, dan kamera. Beban yang digunakan dalam penelitian divariasi sebanyak enam yaitu beban dengan massa 8,5 gram; 16,3 gram; 22,7 gram; 30,6 gram; 38,0 gram; dan 45,8 gram. Metode yang digunakan adalah dengan analisis regresi linier hubungan antara kuadrat dari periode osilasi T^2 terhadap massa beban M dan pengambilan data untuk penentuan nilai modulus elastisitas bahan dilakukan dengan osilasi penggaris dengan variasi massa beban yang di video kemudian dianalisis dengan menggunakan software tracker. Selanjutnya dari data T^2 terhadap M ini dilakukan dengan regresi linier dan diperoleh nilai gradien yang akan digunakan untuk menentukan nilai modulus elastisitas penggaris. Nilai modulus elastisitas penggaris aluminium $(61,91 \pm 5,69) \times 10^9 \text{ N/m}^2$ mendekati nilai acuan yaitu $70 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ dengan ralat relatif sebesar 11,6%.

Abstract

This study aims to determine the value of elastic modulus of aluminum rod using Video Based Laboratory (VBL) and tracker analysis. The subject discussed about the material of elasticity, because the material is still abstract and still related to everyday life. To overcome these problems then created a learning innovation in the form of innovative visual aids that can attract students' responses in physics learning. Experiments are a planned effort to answer a question by creating an activity under controlled conditions. This tool consists of an aluminum ruler, load, slide, micrometer couplers, couplers, balance sheets, laptops, and cameras. The load used in the research varied as much as six loads with mass of 8.5 grams; 16.3 grams; 22.7 grams; 30.6 grams; 38.0 grams; And 45.8 grams. The method used is linear regression analysis the relationship between the square of the period of T^2 oscillation to the load mass M and the data collection for the determination of the modulus value of elasticity of the material is done by ruler oscillation with variation of load mass in the video then analyzed by using tracker software. Furthermore, from T^2 data to M is done by linear regression and obtained gradient value which will be used to determine modulus value of ruler elasticity. The value of the aluminum rod elasticity modulus $(61.91 \pm 5.69) \times 10^9 \text{ N / m}^2$ approximates the reference value of $70 \times 10^9 \text{ N / m}^2$ with a relative ration of 11.6%.

PENDAHULUAN

Sifat-sifat mekanik zat padat seperti kekuatan tarik (*tensile strength*), kekuatan tekan (*compressive strength*), modulus elastis (modulus young, modulus geser dan modulus bulk), keuletan, ketangguhan, kekerasan dan kekuatan impak merupakan sifat-sifat fisis zat padat yang perlu mendapatkan perhatian bagi para peneliti yang melakukan penelitian tentang rekayasa bahan, karena sifat-sifat tersebut memberikan peranan penting bagi terciptanya suatu bahan yang sesuai dengan yang dikehendaki (Tipler, 2005:189).

Suatu bahan elastis apabila diberi gaya terus menerus lama kelamaan akan mengalami deformasi plastis. Jika gaya semakin besar maka bahan tersebut akan patah (*fracture*) (Adi, 2011).

Elastisitas didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan tejadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan.

Penggaris merupakan salah satu benda padat yang memiliki sifat elastisitas. Tingkat keelastisitas penggaris juga bermacam-macam tergantung dari jenis bahannya, ada yang terbuat dari plastik, kayu maupun besi. Semakin sifat penggaris tersebut lentur, maka semakin besar sifat elastisnya.

Tabel 1. Nilai Modulus Elastisitas Berbagai Jenis Bahan (Hikam, 2005:48)

Material	Modulus elastisitas (N.m-2)
Besi	100 x 10 ⁹
Baja	200 x 10 ⁹
Kuningan	100 x 10 ⁹
Aluminium	70 x 10 ⁹
Beton	20 x 10 ⁹
Batu bata	14 x 10 ⁹
Batu granit	50 x 10 ⁹
Kayu	10 x 10 ⁹
Tulang	15 x 10 ⁹
Nilon	5 x 10 ⁹

Percobaan yang dilakukan oleh Ferawati (2013:39) mengenai penentuan modulus

elastisitas bahan dilakukan dengan menggunakan metode osilasi cantilever. Metode yang digunakan adalah dengan analisis regresi linier hubungan antara kuadrat dari periode osilasi T^2 terhadap massa beban M dan pengambilan data untuk penentuan nilai modulus elastisitas bahan dilakukan dengan osilasi penggaris dengan variasi massa beban. Setelah dilakukan regresi dari 30 data eksperimen diperoleh nilai koefisien elastisitas bahan sebesar $(117,00 \pm 5,74) \times 10^9 \text{ N/m}^2$, mendekati nilai acuan modulus elastisitas besi cor abu-abu $130 \times 10^9 \text{ N/m}^2$.

Martini (2009:23) melakukan penelitian tentang penentuan nilai modulus elastisitas bahan kawat besi dengan menggunakan metode regangan. Diperoleh nilai modulus elastisitas kawat besi sebesar $(1,44 \pm 0,02) \times 10^{11} \text{ N/m}^2$. Hasil itu terlalu kecil jika dibandingkan dengan nilai acuan yaitu sebesar $2,1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$. Penelitian lain menentukan modulus elastisitas juga bisa dilakukan dengan metode Two Point Loading oleh Iswanto (2008), yaitu pengujian dengan dua pembebanan yaitu kasus dimana beban ditempatkan pada dua titik dengan jarak yang sama jauh dari titik reaksi tumpuan.

Dalam dunia pendidikan, konsep elastisitas sudah sangat dikenal untuk menunjukkan seberapa kuat atau lenturnya suatu bahan. Namun hampir sebagian besar belum mengetahui faktor elastisitas bahan tersebut pada kehidupan sehari-hari. Bahan-bahan seperti besi, kayu, aluminium, tembaga, dan yang lainnya memiliki nilai modulus elastisitas yang berbeda-beda. Baja merupakan bahan yang memiliki nilai modulus elastisitas yang paling besar.

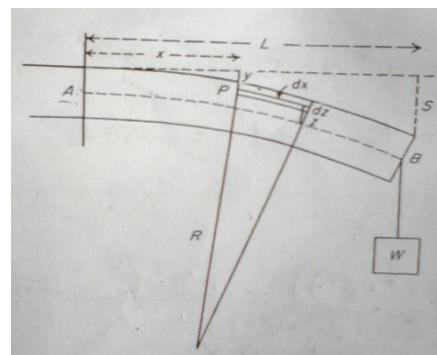
Dari percobaan-percobaan yang sudah pernah dilakukan dalam menentukan elastisitas penggaris terlalu banyak menggunakan metode regresi linear biasa sehingga terkesan rumit dalam analisinya, sehingga perlu dilakukan percobaan penentuan elastisitas penggaris dengan metode yang lebih praktis dan sederhana tetapi mampu menganalisis konsep tersebut. Oleh karena itu, peneliti ingin menerapkan pengukuran dan perhitungan otomatis pada

sistem pengukuran tersebut, agar lebih mudah, cepat dan tepat dalam menentukan nilai modulus elastisitas bahan. Hal inilah yang mendorong peneliti untuk dapat menganalisis modulus elastisitas suatu bahan dengan metode yang lebih sederhana dan praktis sehingga pengukuran ini memiliki keakuratan dan dapat dipakai oleh semua lapisan masyarakat. Dan nilai modulus elastisitas penggaris dalam penelitian ini bisa dibandingkan dengan nilai secara teori. Pada penelitian ini akan dilakukan penentuan elastisitas penggaris berbasis *Video Based Laboratory* (VBL) dengan analisis tracker. VBL merupakan media pembelajaran berbasis analisa objek yang terdapat pada sebuah video. Tracker merupakan perangkat lunak yang memiliki kemampuan menganalisa suatu objek yang terekam pada sebuah video (Habibullah, 2014:30). Dalam analisisnya dari video yang sudah dilakukan kemudian dianalisis dengan menggunakan *software* tracker.

Dengan menggunakan *Video Based Laboratory* (VBL) dan analisis tracker akan membantu peneliti dalam menganalisis gejala-gejala fisika dengan mudah dan efisien. Oleh karena itu penelitian ini bisa digunakan sebagai sumber belajar mahasiswa dalam mengaplikasikan konsep-konsep dasar fisika. Hasil penelitian ini di dunia pendidikan diharapkan bisa menjadi sumber belajar baru yang dapat mendukung proses pembelajaran tentang konsep elastisitas.

Faktor-faktor eksternal yang mempengaruhi langsung dari elastisitas bahan antara lain adalah gaya yang diberikan dan luas permukaan tekan. Faktor-faktor internal yang mempengaruhi elastisitas antara lain duktilitas bahan, ketahanan bahan, dan kekerasan bahan. Penentuan nilai koefisien elastisitas bahan (Modulus Young) dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut

$$E = \frac{\text{stress}}{\text{strain}} = \frac{\sigma}{\epsilon}, \quad (1)$$



Gambar 1. Skema eksperimen penentuan modulus elastisitas bahan menggunakan metode osilasi cantilever

Dari Gambar 1, strain = z/R , maka diperoleh

$$\text{stress/tegangan} = \frac{Ez}{R} \quad (2)$$

Slight bending dirumuskan sebagai berikut

$$\frac{1}{R} = \frac{d^2y}{dx^2} \quad (3)$$

Karena

$$\frac{1}{R} = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\{1 + (\frac{dy}{dx})^2\}^{3/2}} \quad (4)$$

dan dy/dx kecil sehingga

$$EI = \frac{d^2y}{dx^2} = W(L-x) \quad (5)$$

Persamaan (3), diintegalkan menghasilkan

$$EI \frac{dy}{dx} = W \left(Lx - \frac{1}{2}x^2 \right) \quad (6)$$

jadi

$$EIy = WL \frac{x^2}{2} - W \frac{x^3}{6} \quad (7)$$

Pada titik B, $x=L$ dan $y=S$, maka

$$EIS = WL \frac{L^2}{2} - W \frac{L^3}{6} \quad (8)$$

maka

$$E = \frac{WL^3}{3IS}, \quad (9)$$

dengan S merupakan perubahan panjang pegas, maka

$$S = \frac{WL^3}{3IE} \quad (10)$$

Persamaan (8), disubstitusikan ke persamaan periode osilasi, maka

$$T^2 = \frac{4\pi^2 ML^3}{3IE} \quad (11)$$

dan

$$E = \frac{4\pi^2 ML^3}{3IT^2} \quad (12)$$

dengan

$$I = \frac{1}{12} rd^3 \quad (13)$$

dengan r adalah tebal penggaris dan d adalah kedudukan z dari lebar penggaris, maka

$$E = \frac{16\pi^2 M L^3}{r d^3 T^2} \quad (14)$$

dengan M adalah massa beban, L adalah panjang penggaris, dan T^2 adalah kuadrat periode osilasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Universitas Indraprasta PGRI Jalan Raya Tengah No 80, Gedong, Pasar Rebo, Jakarta Timur.

Alat penelitian eksperimen ini terdiri dari penggaris, statif, neraca, jangka sorong, mikrometer skrup, kamera, dan laptop. Beban yang digunakan dalam penelitian terdiri dari enam yaitu beban dengan massa 8,5 gram; 16,3 gram; 22,7 gram; 30,6 gram; 38,0 gram; dan 45,8 gram.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut

- 1) Menyusun alat-alat menjadi rangkaian sistem perangkat penelitian seperti gambar 3.8.
- 2) Memasang penggaris besi pada batang penyangga (statif).
- 3) Meletakkan beban pada ujung penggaris.
- 4) Pada setiap variasi massa beban diosilasikan sebanyak 10 kali.
- 5) Menghitung periode pada setiap variasi massa beban.
- 6) Merekam dengan menggunakan kamera pada saat beban sedang berosilasi untuk mendapatkan video eksperimen.
- 7) Ulangi langkah no 3-6 untuk massa beban yang beragam

Metode yang digunakan pada penelitian penentuan koefisien modulus elastisitas penggaris besi yaitu dengan menggunakan persamaan linear atau garis lurus model $y = ax + b$, dimana x adalah variabel bebas yang terletak pada sumbu datar, dan y adalah variabel terikat yang terletak pada sumbu tegak. a adalah kemiringan (gradien) garis dan b adalah titik potong garis lurus dengan sumbu tegak.

Dari persamaan (14) kemudian diubah dalam bentuk

$$T^2 = \frac{16\pi^2 L^3}{r d^3 E} m \quad (15)$$

dengan: T^2 = kuadrat periode osilasi (s^2), m = massa beban (kg), r = tebal penggaris (m), L = panjang penggaris (m), d = kedudukan beban dari lebar penggaris (m), dan E = modulus elastisitas (N/m^2).

Maka diperoleh persamaan regresi linear

$$y = ax + b \quad (16)$$

Dengan memisalkan $m = x$ dan $T^2 = y$. Adanya massa beban yang berosilasi ini ini akan menimbulkan perubahan periode sehingga massa beban sebagai variabel bebas dan periode sebagai variabel terikat. Sesuai dengan persamaan regresi linear (16), maka diperoleh persamaan gradien

$$a = \frac{16\pi^2 L^3}{r d^3 E} \quad (17)$$

Maka persamaan untuk menentukan modulus elastisitas adalah

$$E = \frac{16\pi^2 L^3}{a r d^3} \quad (18)$$

Dalam setiap pengukuran terdapat kesalahan atau ketidakpastian. Untuk menentukan beberapa nilai koefisien modulus elastisitas penggaris besi, dianalisis beberapa kesalahan atau ketidakpastian supaya mendapatkan hasil yang mendekati kebenaran. Ralat modulus elastisitas penggaris adalah

$$S_E = \sqrt{\left(\frac{\partial E}{\partial a} S_a\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial L} S_L\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial r} S_r\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial d} S_d\right)^2} \quad (19)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Penelitian dilakukan dengan cara menggerakkan ujung penggaris yang terpasang beban ke arah bawah untuk diosilasikan, kemudian divideo. Setelah selesai untuk pengambilan data pada masing-masing beban kemudian dianalisis dengan menggunakan software tracker.



Gambar 2. Alat penelitian eksperimen

Pada saat menganalisis dengan menggunakan tracker, diperoleh berbagai data siantaranya seperti waktu (s) dan periode (s). Besarnya periode diperoleh dari hasil gelombang yang ditampilkan pada sofwtare tracker yang diambil sebanyak lima kali getaran. Setiap massa memiliki periode yang berbeda-beda. Semakin besar massanya, maka semakin besar pula periodenya. Karena massa berbanding lurus dengan besarnya periode.

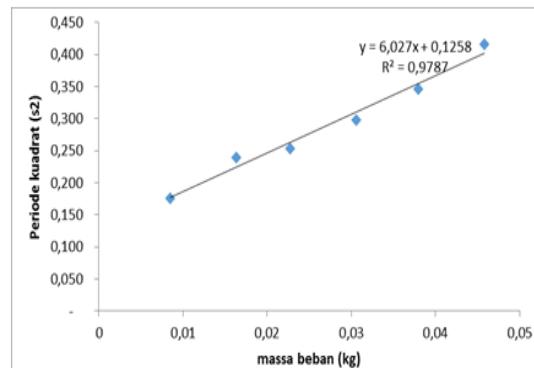
Setelah dari masing-masing beban dilakukan percobaan dan dianalisis dengan menggunakan tracker, maka diperoleh hubungan antara massa (kg) dan kuadrat periode (s^2) seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Data nilai massa (kg) dan kuadrat periode (s^2)

No	M(kg)	$T^2 (s^2)$
1	0,0085	0,1764
2	0,0163	0,2401
3	0,0227	0,254016
4	0,0306	0,298116
5	0,038	0,345744
6	0,0458	0,416025

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa setiap penambahan beban menghasilkan besarnya periode osilasi yang berbeda. Nilai periode osilasi yang dihasilkan semakin besar terhadap kenaikan massanya. Kenaikan massa berbanding lurus terhadap besarnya periode osilasi. Semakin berat massa beban yang ditambahkan, maka semakin besar regangan penggarisnya, sehingga menghasilkan periode osilasi yang semakin besar. Dari data hasil pengukuran dapat dibuat grafik hubungan antara massa beban (kg) dengan

periode kuadrat (s^2) sebagaimana dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan antara massa beban (kg) dengan periode kuadrat (s^2)

Berdasarkan pencocokan data T terhadap M secara linier diperoleh persamaan

$$\hat{y} = 6,027x + 0,1258 \quad (20)$$

Dari hasil analisis data diperoleh nilai a sebesar $(6,03 \pm 0,45) s^2/kg$ dan b sebesar $(0,16 \pm 0,01) s^2$. Dengan adanya nilai a yang sudah didapatkan, maka besarnya modulus elastisitas penggaris bisa dicari dengan memasukkan nilai a $(6,03 \pm 0,45) s^2/kg$, r $(52,0 \pm 0,5) \times 10^{-5} m$, d $(28,0 \pm 0,5) \times 10^{-4} m$ dan L $(30,00 \pm 0,05) \times 10^{-2} m$ ke dalam persamaan (20).

Sesuai dengan grafik menunjukkan nilai $R^2 = 0,9787$. Dari *slope* grafik tersebut dapat ditentukan nilai modulus elastisitas penggaris mengikuti persamaan (20) dan ralatnya mengikuti persamaan (19). Maka nilai modulus elatisitas penggaris adalah $E = (70,0 \pm 5,6) \times 10^9 Nm^{-2}$.

Nilai modulus elastisitas penggaris yang diperoleh nilai $(61,91 \pm 5,69) \times 10^9 N/m^2$ mendekati nilai acuan yaitu $70 \times 10^9 N/m^2$ dengan ralat relatif sebesar 11,6% atau 0,116. Percobaan penentuan nilai modulus elastisitas penggaris yang diperoleh dengan menggunakan *Video Based Laboratory* dan analisis tracker ini terbukti mampu menganalisis dan meneliti modulus elastisitas penggaris secara efektif karena tidak memerlukan banyak waktu untuk menganalisisnya. Dengan bantuan tracker analisis dapat dilakukan dengan cepat dan akurat. Selama percobaan ditemui kesulitan

dalam proses video dan tracking dalam software tracker. Hal ini disebabkan oleh kesulitan untuk memulai tracking pada saat penggaris mulai berosilasi dengan cepat.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian penggunaan *Video Based Laboratory* (VBL) untuk menentukan modulus stisitas penggaris dapat disimpulkan bahwa nilai modulus elastisitas penggaris aluminium $(61,91 \pm 5,69) \times 10^9 \text{ N/m}^2$ mendekati nilai acuan yaitu $70 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ dengan ralat relatif sebesar 11,6%.

Pada penelitian ini pengujian alat eksperimen baru dilakukan dengan penggaris aluminium. Untuk penelitian lebih lanjut disarankan agar mengganti logam yang akan dihitung modulus elastisitas, tidak harus menggunakan aluminium lagi agar kita mengetahui nilai modulus elastisitas logam yang lain. Perlu ketelitian pada saat tracking dengan analisis software tracker agar hasil yang diperoleh bisa lebih bagus.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, Pribadi dkk. 2011. *Karakteristik Elastisitas Bahan*. Bandung: ITB Bandung Indonesia.

Ferawati, Rita dan Oki Mustava. 2013. Penentuan Modulus Elastisitas besi Cor Abu-abu Menggunakan Metode Osilasi Cantilever. *Prosiding Seminar Nasional Quantum 2013*. Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan. ISBN 978-602-14-134-0-1.

Hikam, Muhammad; Pamulih B.Prasetyo; dan Djonaedi Saleh. 2005. *Eksperimen Fisika dasar untuk Perguruan Tinggi*. Jakarta: Prenada Media.

Martini, Dwi, dan R. Oktova. 2009. Penentuan Modulus Young Kawat Besi Dengan Percobaan Regangan. *Jurnal Berkala Fisika Indonesia*, Vol. 2 No.1, <http://journal.uad.ac.id/index.php/BFI/article/view/274/109>.

Tipler, Paul,A. 2001. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.