

# Penentuan Konstanta Pegas Dengan Variasi Jumlah Lilitan Dari Beberapa Segmen Pegas Tersusun Seri Menggunakan Sebuah Pegas Tunggal

Susanti Sihono<sup>1,a)</sup> dan Siti Nurul Khotimah<sup>2,b)</sup>

<sup>1</sup>Guru Fisika SMKN 13 Bandung

Kompetensi keahlian: 1. Analisis Kimia 2. Teknik Komputer & Rekayasa 3. Rekayasa Perangkat Lunak  
Jl. Soekarno-Hatta Km.10 Bandung, Indonesia, 402886

<sup>2</sup>Departemen Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi  
Bandung, Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

<sup>a)</sup> susantisihono@gmail.com (corresponding author)

<sup>b)</sup> nurul@fi.itb.ac.id

## Abstrak

Makalah ini membahas tentang penentuan konstanta pegas dari sebuah pegas tunggal yang memiliki 90 buah lilitan tersusun dari kawat berdiameter 0,77 mm. Pegas tersebut dianggap tersusun seri dari 1, 2, atau 3 segmen pegas. Jumlah lilitan segmen pegas bervariasi yaitu 15, 30, 45, 60 dan 90 lilitan dengan konstanta pegas hasil percobaan masing-masing 24,14, 10,84, 7,46, 5,63 dan 3,69 N/m. Hasil pengukuran menyimpulkan bahwa nilai konstanta pegas  $k$  berbanding terbalik dengan banyaknya lilitan pada pegas. Relasi antara konstanta pegas dari total pegas  $k_s$  terhadap konstanta pegas dari masing-masing segmen pegas  $k_i$  yang tersusun seri berlaku persamaan  $1/k_s = \sum 1/k_i$ . Setelah penentuan konstanta pegas maka nilai modulus Young kawat dapat ditentukan apabila data parameter pegas (yaitu diameter kawat, diameter pegas dan jumlah lilitan) dan Poisson's ratio diketahui. Pada kajian ini diperoleh modulus Young untuk bahan baja adalah  $2,21 \times 10^{11}$  N/m<sup>2</sup>.

Kata-kata kunci: hukum Hooke, konstanta pegas

## PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, sering kita jumpai manfaat penggunaan pegas seperti pada spring bed untuk membantu meningkatkan kenyamanan tidur, pada shock-breaker kendaraan untuk meredam guncangan sehingga meningkatkan kenyamanan saat berkendara, pada standar sepeda atau sepeda motor untuk menopang sepeda atau motor agar tetap tegak. Pegas juga dijumpai pada grip trainer dan per tarik dada untuk berolahraga serta pada kunci inggris untuk mengatur posisi yang diinginkan dan pulpen untuk posisi on-off. Selain digunakan dalam peralatan, pegas juga digunakan sebagai model untuk memvisualisasikan gerakan atom-atom dalam sebuah molekul atau zat padat.

Percobaan di laboratorium fisika pada umumnya menggunakan pegas untuk menentukan percepatan gravitasi bumi [1]. Selain untuk membuktikan hukum Hooke, percobaan yang dibahas dalam makalah ini dirancang untuk menentukan konstanta pegas secara statik dari sebuah pegas tunggal yang dipandang sebagai susunan seri sejumlah segmen pegas sehingga akan diperoleh relasi antara konstanta pegas dari total pegas terhadap konstanta pegas dari masing-masing segmen pegas yang tersusun seri serta relasi antara nilai konstanta pegas  $k$  dengan banyaknya lilitan penyusun pegas.

## TEORI DASAR

Hukum Hooke tentang elastisitas menyatakan bahwa gaya tarik atau gaya tekan pada pegas  $F$  berbanding lurus dengan perubahan panjang pegas  $\Delta x$  dari sebuah pegas yang memiliki konstanta pegas  $k$  [2].

$$F = k \cdot \Delta x \tag{1}$$

Hubungan konstanta pegas  $k$  dengan modulus geser  $G$  [3] adalah:

$$k = \frac{d^4 \cdot G}{8 \cdot (D-d)^3 \cdot N} \tag{2}$$

dimana ukuran diameter kawat  $d$ , diameter pegas  $D$  dan jumlah lilitan pegas  $N$ . Persamaan (2) juga menunjukkan bahwa konstanta pegas  $k$  berbanding terbalik dengan jumlah lilitan pegas  $N$ .

Hubungan antara modulus geser  $G$ , modulus Young  $E$  dan *Poisson's ratio*  $\sigma$  iperlihatkan pada persamaan (3)

$$G = \frac{E}{2(1+\sigma)} \tag{3}$$

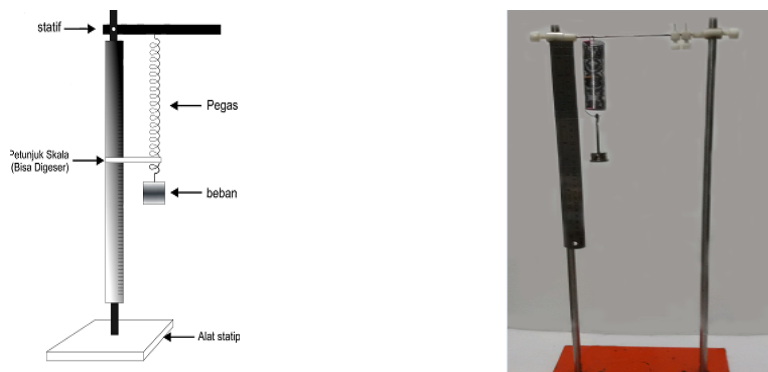
Dari persamaan (2) dan (3), dapat dituliskan relasi konstanta pegas  $k$  dengan modulus Young  $E$ , *Poisson's ratio*  $\sigma$  dan parameter pegas [4].

$$k = \frac{E \cdot d^4}{16(1+\sigma)(D-d)^3 N} \tag{4}$$

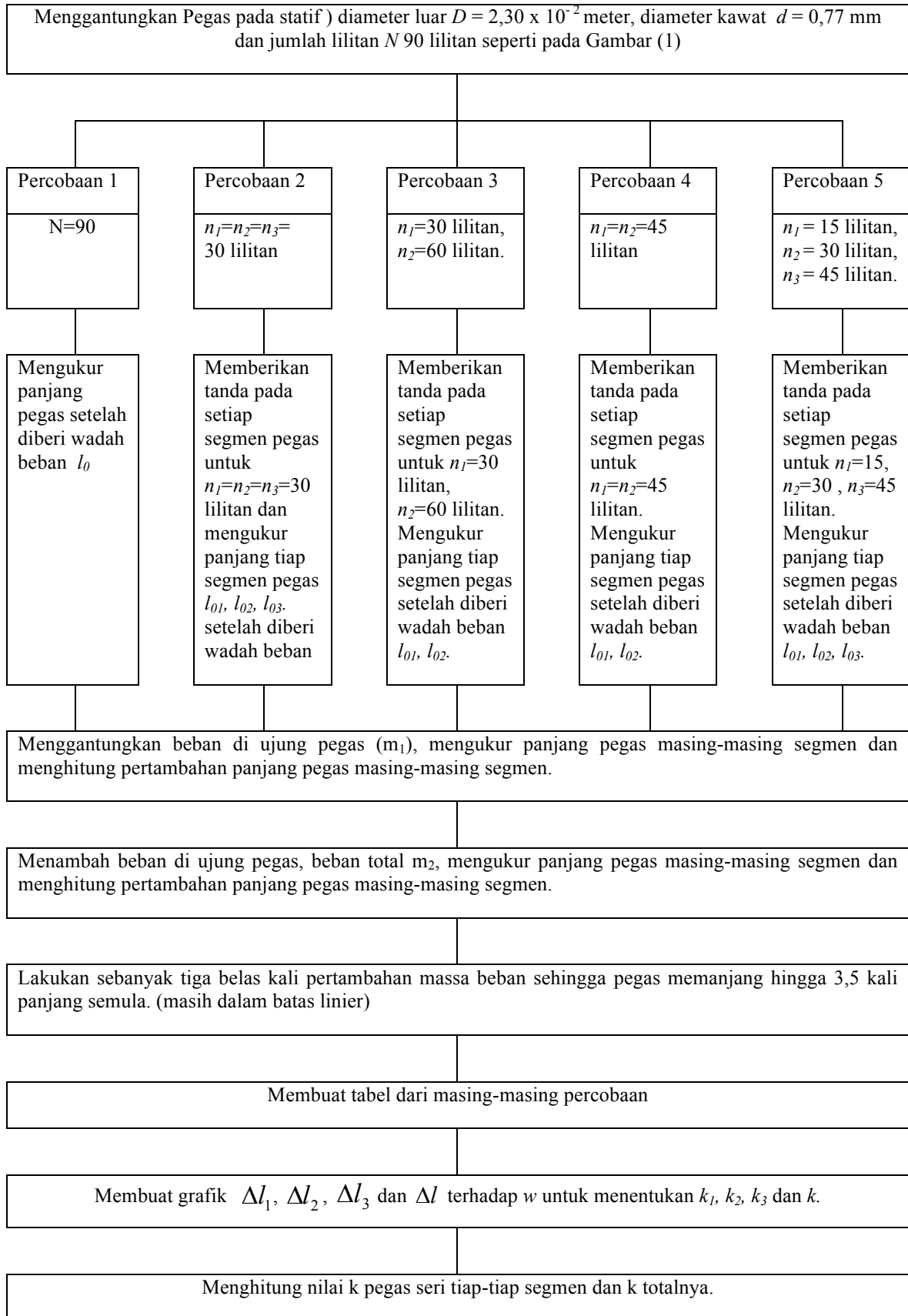
Berdasarkan persamaan (4) maka bila dari hasil penelitian diperoleh nilai konstanta pegas  $k$ , dari data *handbook* nilai *Poisson's ratio*  $\sigma$ , dan parameter pegas ( $N, D, d$ ) diketahui maka dapat ditentukan nilai modulus Young  $E$  bahan logam kawat.

## METODOLOGI

Percobaan ini menggunakan sebuah pegas tarik yang berdiameter  $D= 2,30 \times 10^{-2}$  m dengan jumlah lilitan  $N=90$  terbuat dari kawat baja berdiameter  $d=7.7 \times 10^{-4}$  m. Desain rangkaian alat percobaan diperlihatkan pada gambar (1). Bagan langkah-langkah percobaan dijelaskan pada gambar (2).



Gambar 1. Desain rangkaian percobaan

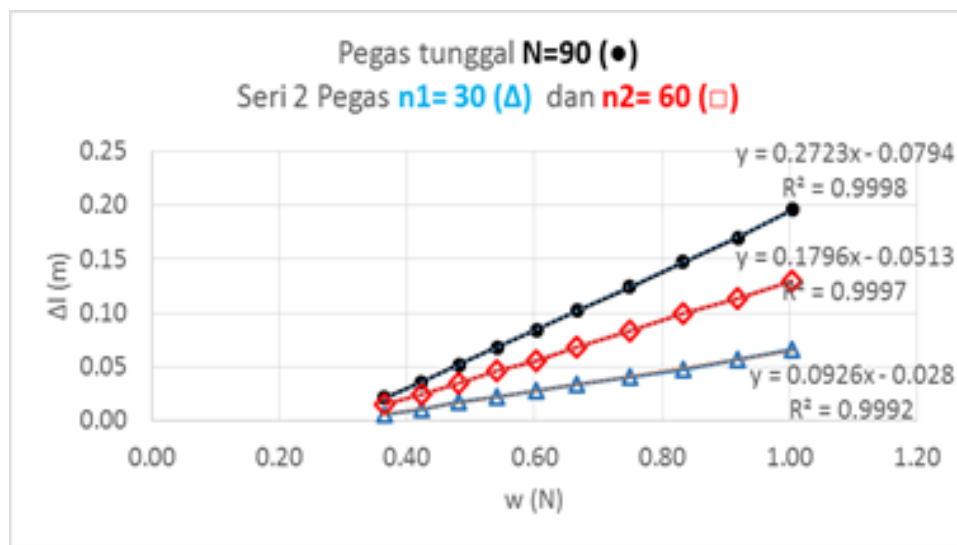


Gambar 2. Bagan langkah-langkah percobaan

HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data pada salah satu hasil percobaan untuk seri dua segmen pegas dengan  $n_1 = 30$  dan  $n_2 = 60$  lilitan.

No	$m$ (kg)	$w$ (N)	$l_1$ (m)	$l_2$ (m)	$l$ (m)	$\Delta l_1$ (m)	$\Delta l_2$ (m)	$\Delta l$ (m)
1	0,015	0,149	0,028	0,048	0,076	0,000	0,000	0,000
2	0,020	0,198	0,028	0,049	0,077	0,000	0,001	0,001
3	0,025	0,248	0,029	0,051	0,080	0,001	0,003	0,004
4	0,031	0,307	0,030	0,055	0,085	0,002	0,007	0,009
5	0,037	0,365	0,034	0,063	0,097	0,006	0,015	0,021
6	0,043	0,423	0,039	0,073	0,112	0,011	0,025	0,036
7	0,049	0,482	0,045	0,083	0,128	0,017	0,035	0,052
8	0,055	0,541	0,050	0,094	0,144	0,022	0,046	0,068
9	0,062	0,604	0,056	0,104	0,160	0,028	0,056	0,084
10	0,068	0,667	0,062	0,116	0,178	0,034	0,068	0,102
11	0,077	0,750	0,069	0,131	0,200	0,041	0,083	0,124
12	0,085	0,833	0,076	0,147	0,223	0,048	0,099	0,147
13	0,094	0,919	0,085	0,161	0,246	0,057	0,113	0,170
14	0,102	1,004	0,094	0,178	0,272	0,066	0,130	0,196



Gambar 3 Grafik hubungan berat beban  $w$  terhadap perubahan panjang pegas  $\Delta l$  pada pegas tunggal dengan seri dua segmen pegas dengan  $n_1 = 30$  lilitan dan  $n_2 = 60$  lilitan.

Tabel 2 Data persamaan regresi pada salah satu percobaan untuk seri dua segmen pegas dengan  $n_1 = 30$  lilitan dan  $n_2 = 60$  lilitan

Regresi	Korelasi	Slope=1/k	$k$	$N$	1/ $k_s$	$k_s$
$\Delta l = 0,272 \cdot w - 0,079$	$R^2 = 0,999$	0,272	3,672	90	0,272	3,672
$\Delta l = 0,179 \cdot w - 0,051$	$R^2 = 0,999$	0,180	5,567	60		3,673
$\Delta l = 0,093 \cdot w - 0,028$	$R^2 = 0,999$	0,093	10,790	30		3,673

Dimana  $k_{s3} = 3,673$  N/m,  $k_{T3} = 3,672$  N/m

Berikut ini adalah hasil-hasil penelitian yang didapatkan dengan menggunakan metode yang telah diterangkan sebelumnya.

Tabel 3. Hasil dari lima percobaan dengan melakukan variasi segmen pegas

Percobaan ke	Jumlah	Segmen 1	Segmen 2	Segmen 3	$k$ seri	Total
m1	$N$					90
	$k$					3,672
2	$N$	30	30	30		90
	$k$	10,790	11,040	11,290	3,681	3,672
3	$N$	30	60			90
	$k$	10,790	5,567		3,673	3,672
4	$N$	45	45			90
	$k$	7,380	7,423		3,700	3,672
5	$N$	15	30	45		90
	$k$	21,978	10,593	7,668	3,699	3,672

Dengan menggunakan persamaan (4) diperoleh nilai modulus Young ( $E$ ) sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai modulus Young kawat baja.

$N$ (lilitan)	$k$ (N/m)	$E$ (N/m <sup>2</sup> )	$E$ (N/m <sup>2</sup> ) menurut referensi
90	3,672	$2,20 \times 10^{11}$	Halliday Resnick and Jearl Walker, 2011, 9, 317
60	5,568	$2,22 \times 10^{11}$	
45	7,491	$2,24 \times 10^{11}$	
30	10,908	$2,18 \times 10^{11}$	
15	21,978	$2,19 \times 10^{11}$	
	Rata-rata $E$	$2,21 \times 10^{11}$	$2,00 \times 10^{11}$

Tabel 5. Nilai rata-rata konstanta pegas seri  $k_s$  pada masing-masing percobaan

$N$	0	15	30	45	60	90
$1/N$		0,067	0,033	0,022	0,016	0,011
$k$ rata-rata		21,978	10,908	7,491	5,568	3,672

## PEMBAHASAN

Nilai modulus Young kawat ( $E$ ) baja dari hasil percobaan ini adalah  $2,21 \times 10^{11}$  N/m<sup>2</sup>. Sedangkan menurut referensi modulus Young untuk bahan baja ( $E$ ) adalah  $2 \times 10^{11}$  N/m<sup>2</sup> (Halliday Resnick and Jearl Walker, 2011, 9, 317). Baja adalah logam paduan, logam besi dengan beberapa unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya, nilai modulus Young karbon lebih rendah daripada modulus Young besi. Tidak ada informasi komposisi bahan pembuat kawat baja ini. Nilai modulus Young baja menurut [www.engineering.toolbox.com](http://www.engineering.toolbox.com) jenis stainless AISI 302 adalah  $1,8 \times 10^{11}$  N/m<sup>2</sup> dan modulus Young baja jenis stainless ASTM-A36 adalah  $2 \times 10^{11}$  N/m<sup>2</sup>. Komposisi bahan pembuat baja menentukan modulus Young baja tersebut.

## KESIMPULAN

Dari percobaan ini didapatkan empat kesimpulan. Pertama, sebuah pegas dapat dipandang sebagai sekumpulan seri dari sejumlah segmen pegas. Kedua, terdapat relasi antara konstanta pegas dari total pegas terhadap konstanta pegas dari masing-masing segmen pegas yang tersusun seri yaitu berlakunya persamaan  $1/k_s = \sum 1/k_s$ . Ketiga, nilai konstanta pegas  $k$  berbanding terbalik dengan banyaknya lilitan pada pegas sesuai persamaan  $k = 326,11/N$ , sehingga kita dapat melakukan intrapolasi dan ekstrapolasi untuk menghasilkan nilai konstanta pegas  $k$  tertentu dengan menentukan jumlah  $N$  atau sebaliknya. Keempat, nilai modulus Young kawat baja ( $E$ ) dari hasil percobaan ini adalah  $2,21 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ .

## REFERENSI

1. Tyer F 1967 *A Laboratory Manual of Physics* 3<sup>rd</sup> edn (London: E tydward Arnold) p 1, pp 14-15.
2. Serway RA 1966 *Physics for scientists and Engineers with Modern Physics* 4<sup>th</sup> edn (philadelphia: Saunders College) p 179
3. Serna, J. D and Joshi, A. (2011): Studying springs in series using a single spring, *Journal of Physict Education*, 46, 33-40 Giancoli, Douglas C. Terjemahan: Yuhilza Hanum, (2001) , Fisika Jilid 1, 5 , 299-305.
4. Wolfram Alpha LLC 2010 Spring constan formula [www.Wolframalpha.com/entities/calculators/spring\\_formula/dc/g4/w4/](http://www.Wolframalpha.com/entities/calculators/spring_formula/dc/g4/w4/) accessed 7 February 2011
5. Halliday, D., Resnick, R., dan Walker, J. Terjemahan: Sustini, Euis , dkk. (2010) : Fisika Dasar Jilid 1, 3, 341-343.
6. Khotimah, S.N.,Varidi, S. Widayani and Khairurrijal. (2011) : The dependence of the spring constan in the linear range on spring parameters, *Journal of Physict Education*, 46, 540-543
7. Shigley, J. E. and Mischke, C.,R. (1989): *Mechanical Engineering Design*, 5, 415-6-418
8. Tipler, Paul A (1988) : Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 1 , 3, 101-105.