

## RANCANG BANGUN KIT PENENTUAN MODULUS YOUNG KAWAT BERBASIS MIKROKONTROLER

Dita Puji Issriza<sup>1)</sup>, Abdul Kholiq<sup>2)</sup>, Dzulkifli<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Prodi S1-Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email : [ditaissriza@mhs.unesa.ac.id](mailto:ditaissriza@mhs.unesa.ac.id)

<sup>2)</sup> Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email : [kholiq@unesa.ac.id](mailto:kholiq@unesa.ac.id)

<sup>3)</sup> Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email : [dzulkifli@unesa.ac.id](mailto:dzulkifli@unesa.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai Modulus Young pada kawat dengan penggunaan KIT penentuan Modulus Young dan mengetahui taraf ketelitian nilai Modulus Young jika dibandingkan dengan alat laboratorium PASCO. KIT penentuan Modulus Young kawat menggunakan sensor *rotary encoder* sebagai pengukur perubahan panjang kawat dan *load cell* sebagai pengukur gaya yang direkam dan diprogram melalui mikrokontroler ATmega8535. Hasil pembacaan sensor akan di tampilkan pada LCD dan PC kemudian nilai perubahan panjang dan gaya yang diperoleh akan dianalisis menjadi nilai Modulus Young. Kawat uji bahan tembaga yang divariasikan diameter kawatnya. Diameter 0,2 mm, nilai Modulus Young yang diperoleh dari KIT sebesar  $1,32 \times 10^9 N/m^2$  dan dari PASCO sebesar  $1,27 \times 10^9 N/m^2$  sehingga memiliki taraf ketelitian sebesar 96,22%. Diameter 0,3 mm diperoleh nilai Modulus Young sebesar  $0,98 \times 10^9 N/m^2$  dari KIT dan  $1,03 \times 10^9 N/m^2$  dari PASCO sehingga memiliki taraf ketelitian 95,15%. Kawat uji bahan nikelin diameter 0,2 mm memiliki taraf ketelitian 88,65% dengan perolehan dari KIT sebesar  $3,59 \times 10^9 N/m^2$  dan dari PASCO sebesar  $4,05 \times 10^9 N/m^2$ . Ketelitian data gaya dan perubahan panjang yang ditampilkan pada KIT penentuan Modulus Young  $\pm 0,001$  dan batas kemampuan dalam mengukur gaya kurang dari 30N.

**Kata Kunci:** gaya, perubahan panjang, tegangan, regangan, Modulus Young

### Abstract

This study aims to determinate Young's modulus of wire with using the instrument and know the accuracy of percentage Young's Modulus value between the instruments with the stress/strain apparatus from PASCO. This instruments using rotary encoder sensor for measure change of length and load cell for measure force that recorded and programmed through microcontroller ATmega8535. The result of reading sensors will be display on LCD and PC for process the value of Young's modulus. Wire test material for bronze varied the diameter of wire. Diameter of wire 0.2 mm has Young's modulus value from the instrument is  $1.32 \times 10^9 N/m^2$  and from the PASCO is  $1.27 \times 10^9 N/m^2$ , it has accuracy of percentage is 96.22%. Diameter of wire 0.3 mm has Young's modulus value is  $0.98 \times 10^9 N/m^2$  from the instruments and  $1.03 \times 10^9 N/m^2$  from the PASCO so it has accuracy of percentage is 95.15%. Wire test material for nickel in diameter 0.2 mm has the accuracy of percentage is 88.65% with the result from instrument is  $3.59 \times 10^9 N/m^2$  and from the PASCO is  $4.05 \times 10^9 N/m^2$ . The accuracy of force data and change of length data from this instruments is  $\pm 0.001$  and limit of capability has maximum force 30N for wire test.

**Keywords:** force, change of length, stress, strain, Young's modulus

### PENDAHULUAN

Elastis adalah kemampuan sebuah benda untuk kembali ke bentuk semula ketika gaya luar yang diberikan pada benda dihentikan. Hampir seluruh material padat memiliki nilai tegangan dan regangan masing-masing meskipun tidak dapat dilihat dengan kasat mata karena perubahan panjang yang dialami material bernilai sangat kecil sehingga butuh pengujian deformasi berupa uji tarik. Menurut Mitchell (2004), deformasi adalah respons dari material padat berupa perubahan bentuk atau ukuran yang diakibatkan sejumlah gaya yang diberikan. Deformasi pada padatan memiliki dua konsep yaitu tegangan dan regangan (Halliday, 2014). Tegangan merupakan gaya eksternal yang diberikan pada sebuah

benda per satuan luasan area. Regangan merupakan respons dari sebuah tegangan berupa perubahan fisis. Perbandingan nilai tegangan terhadap nilai regangan disebut modulus elastisitas atau Modulus Young.

Percobaan penentuan Modulus Young umumnya seutas kawat digantungkan dengan beban kemudian diamati pertambahan panjang dengan menggunakan jangka sorong. Pertambahan panjang yang kecil yang diamati langsung memungkinkan adanya kesalahan subyektif dari mata pengamat. Penggunaan teknologi berupa sensor dapat menjadi solusi untuk mengurangi pengamatan yang subyektif.

Penggunaan sensor pada instrumen penentuan Modulus Young pernah dilakukan Prabowo (2012) yaitu sensor FSS sebagai pengukur gaya dan potensiometer

sebagai pengukuran pertambahan panjang dengan bahan uji yang dibuat horizontal. Instrumen berbasis praktikum di pasaran salah satunya PASCO menggunakan sensor *rotary* sebagai pengukur perubahan panjang dan sensor pengukur gaya. PASCO dalam keadaan yang jarang terpakai menimbulkan kerentanan pada sensor dan pengantiannya membutuhkan biaya yang relatif mahal.

Peneliti tertarik membuat KIT berbasis mikrokontroler dengan menggunakan sensor yang mudah didapatkan dengan harga yang terjangkau di sekitar kita yaitu sensor *rotary encoder* sebagai pengukur perubahan panjang dan *load cell* sebagai pengukur gaya. Sensor *rotary encoder* merupakan salah satu dari *shaft encoder* yang menghasilkan keluaran digital hasil dari perseran linear yang disinari oleh fotodioda. *Load cell* adalah modul sensor gaya satu arah yang didesain struktur metal dan terdapat *strain gauge* yang dipasang presisi pada struktur tersebut untuk mengetahui besar tekanan yang diberikan (Schomburg, 2004). Penggunaan sensor diharapkan meminimalisir adanya kesalahan pembacaan data yang subyektif.

### METODE

KIT penentuan Modulus Young kawat dengan memperoleh nilai basis yaitu tegangan dan regangan menggunakan mikrokontroler ATmega8535 yang diprogram melalui CVAVR. Nilai tegangan diperoleh dari *load cell* yang merekam gaya dengan rumus

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

di mana  $\sigma$  adalah tegangan ( $N/m^2$ ),  $F$  adalah gaya ( $N$ ) dan  $A$  adalah luasan area  $m^2$  yang mana dalam penelitian ini menggunakan kawat dengan rumus luasan lingkaran. Nilai regangan diperoleh dari sensor *rotary encoder* yang merekam perubahan panjang dengan rumus

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2)$$

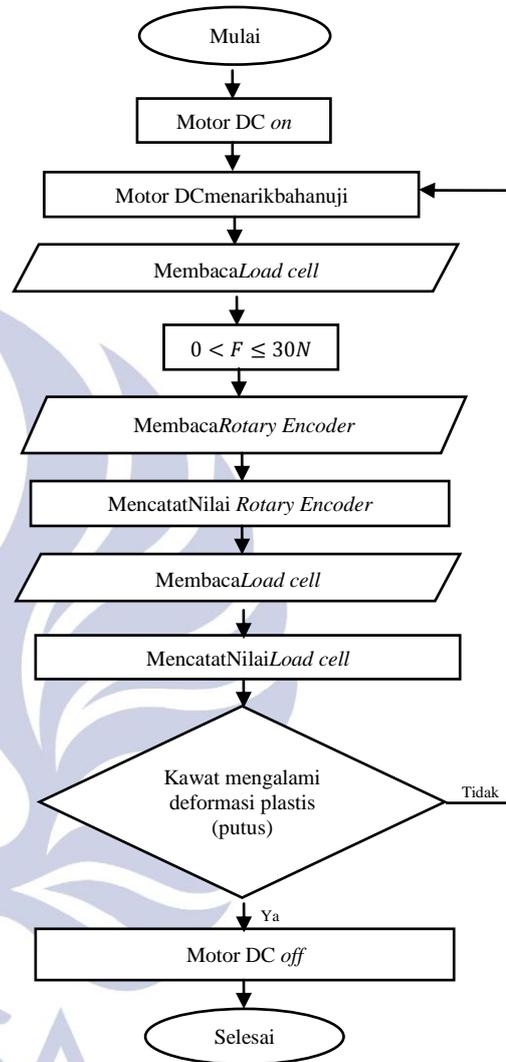
di mana  $\epsilon$  adalah regangan,  $\Delta l$  adalah perubahan panjang pada kawat yang ditarik ( $m$ ) dan  $l_0$  adalah panjang awal kawat.

Data yang diperoleh dari *load cell* dan sensor *rotary encoder* akan ditampilkan pada LCD dan juga pada PC melalui USB TTL secara *real time*. Data akan diolah dalam program Microsoft Excel untuk mengetahui grafik keseluruhan dari kawat sebelum ditarik hingga kawat terdeformasi plastis (putus) dan dapat diambil beberapa data untuk mengetahui nilai Modulus Young. Hasil yang diperoleh dari KIT penentuan Modulus Young akan dibandingkan dengan alat PASCO sebagai nilai acuan.

Penelitian ini menggunakan kawat sebagai bahan uji. Pada kawat sudah diketahui nilai panjang mula-mula yang diukur menggunakan meteran sebagai variabel kontrol. Jenis kawat yang diujikan berupa kawat tembaga dan nikelin. Kawat tembaga divariasikan diameternya yaitu 0,2mm dan 0,3mm yang diukur dengan menggunakan

mikrometer sekrup dan untuk kawat nikelin yang diujikan dengan diameter 0,2mm.

Berikut diagram alir kerja untuk KIT penentuan Modulus Young yang akan diaplikasikan ke dalam bahasa pemrograman.

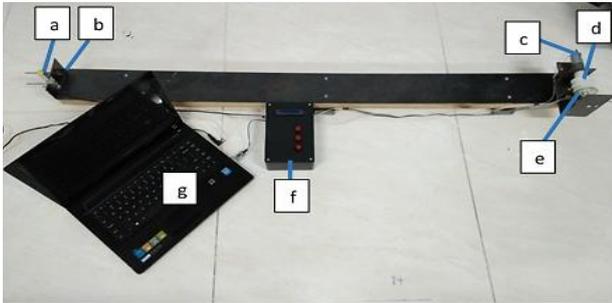


Gambar 1. Diagram alir kerja KIT penentuan Modulus Young kawat

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Instrumen KIT penentuan Modulus Young kawat dibuat pengujian bahan dengan cara ditarik secara horizontal. Sensor *rotary encoder* yang digunakan merupakan bekas dari printer yang memiliki akurasi shaft hitam transparan yang sangat rapat sehingga memudahkan dalam perekaman nilai pertambahan panjang yang sangat minimal. Sensor *rotary encoder* diletakkan pada sebuah penggulung yang terhubung dengan motor DC tipe RK370 dengan maksimum tegangan 20V untuk 35 rpm. Penggulung yang digunakan berbahan *hard nilon* yang dibentuk untuk menghubungkan antara motor DC dengan sensor *rotary encoder*.

Load cell yang digunakan memiliki dua strain gauge dan diberi penguat sinyal ADC berupa HX711. Penggunaan load cell dengan ujung load cell dibuat tetap dan ujung lainnya dibiarkan, dalam instrumen ini ujung tersebut diberi pengait untuk mengaitkan kawat uji.

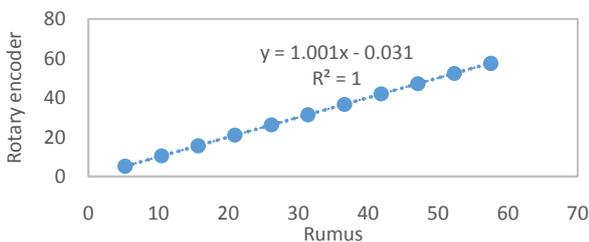


Keterangan:  
 a. Load cell. Motor DC                      e Sensor rotary encoder    g.PC  
 b. Pengait                                      d. Peggulung                      f. Boks mikrokontroler

**Gambar 2.** KIT penentuan Modulus Young kawat

**Karakterisasi Sensor**

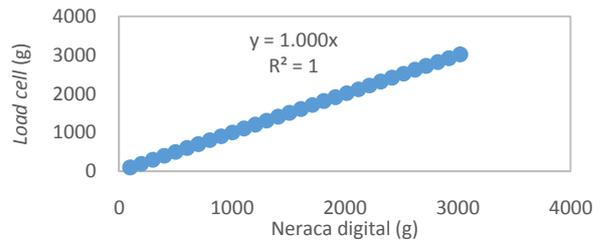
Tujuan karakterisasi guna menyamakan nilai hasil pembacaan sensor yang digunakan dengan nilai dari alat ukur yang sudah standar sehingga penggunaan sensor dapat diaplikasikan pada instrumen yang akan dibuat. Karakterisasi sensor rotary encoder menyesuaikan nilai antara diameter penggulung dengan nilai shaftencoder menggunakan motor stepper. Motor stepper sudah diketahui memiliki 48 step dan tiap satu step membaca 7,5°. Pembacaan perubahan panjang dari rotary encoder dibandingkan dengan nilai dari perolehan rumus keliling lingkaran. Berikut hasil karakterisasi sensor rotary encoder.



**Gambar 3.** Hasil karakterisasi sensor rotary encoder

Pada gambar 3, hasil karakterisasi sensor rotary encoder terlihat nilai perubahan panjang melalui penggulung yang dibaca dari sensor rotary encodersama dengan rumus.

Karakterisasi load cellmenyesuaikan nilai massa yang tebaca pada sensor load celldengan cara menggantungkan beban secara vertikal terhadap nilai yang terbaca pada neraca digital merek Chyo. Berikut hasil karakterisasi load cell.



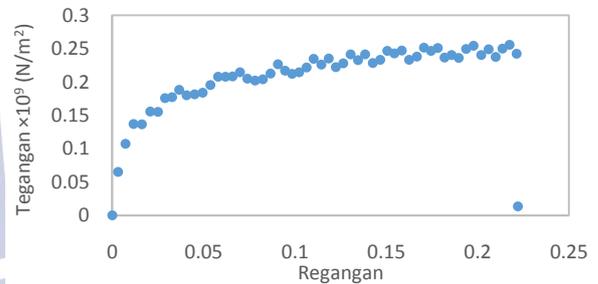
**Gambar 4.** Hasil karakterisasi load cell

Hasil karakterisasi load cell memiliki nilai yang sama dengan hasil dari neraca digital untuk mengukur massa yang akan dikonversikan menjadi nilai gaya.

**Pengujian Bahan untuk Penentuan Modulus Young**

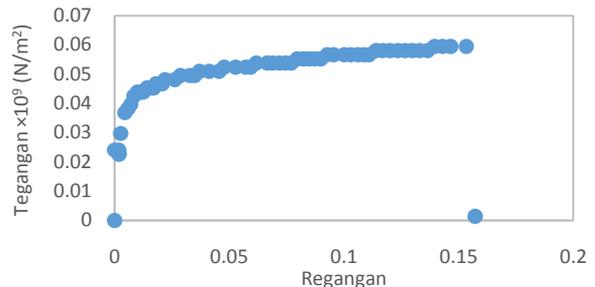
Penelitian penentuan Modulus Young kawat ini membandingkan data yang diperoleh pada KIT dengan data yang diujikan pada PASCO.Penentuan Modulus Young pada PASCO diset untuk merekam data gaya dan perubahan panjang berupa grafik dan tabel.

- Pengujian kawat tembaga diameter 0,2 mm  
 Grafik keseluruhan pengujian kawat dengan menggunakan KIT diperoleh sebagai berikut



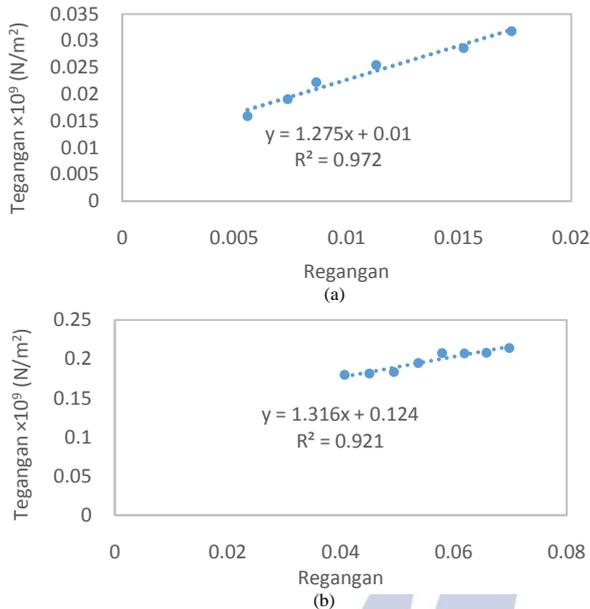
**Gambar 5.** Grafik pengujian kawat tembaga diameter 0,2mm menggunakan KIT

Pengujian menggunakan KIT diperoleh hasil yang stabil dengan tren yang terlihat sama dengan pengujian tarik pada umumnya hingga kawat tembaga diameter 0,2mm data terputus. Pengujian kawat dengan menggunakan PASCO diperoleh sebagai berikut



**Gambar 6.** Grafik pengujian kawat tembaga diameter 0,2mm menggunakan PASCO

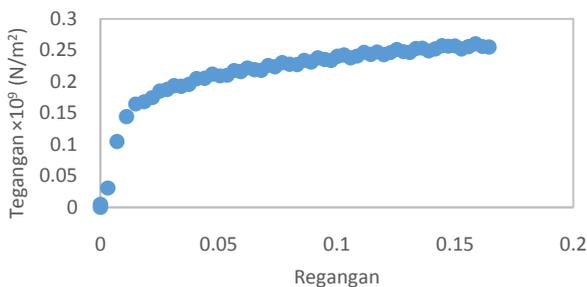
Pengujian menggunakan PASCO diperoleh tren yang sama dan mengalami putus. Grafik pada gambar 5 dan gambar 6 diambil beberapa data untuk menentukan nilai modulus Young dengan hasil sebagai berikut



**Gambar 7.** Modulus Young kawat tembaga diameter 0,2mm dengan menggunakan (a) KIT percobaan dan (b) PASCO

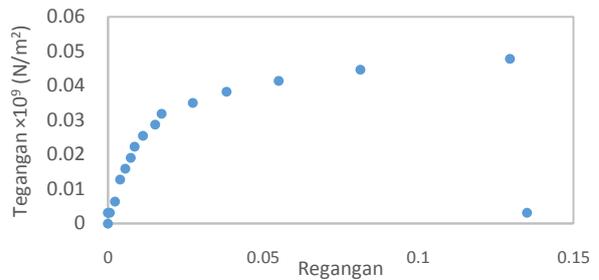
Nilai kemiringan linier tersebut merupakan nilai Modulus Young untuk kawat tembaga diameter 0,2 mm sebesar  $1,27 \times 10^9 N/m^2$  dengan menggunakan KIT dan  $1,32 \times 10^9 N/m^2$  dengan menggunakan PASCO. Persentase perbedaan dari kedua hasil dalam penentuan Modulus Young sebesar 3,78%. Taraf ketelitian untuk kawat tembaga diameter 0,2 mm sebesar 96,22%.

- Pengujian kawat tembaga diameter 0,3 mm Grafik keseluruhan pengujian kawat dengan menggunakan KIT diperoleh sebagai berikut



**Gambar 8.** Grafik pengujian kawat tembaga diameter 0,3mm menggunakan KIT

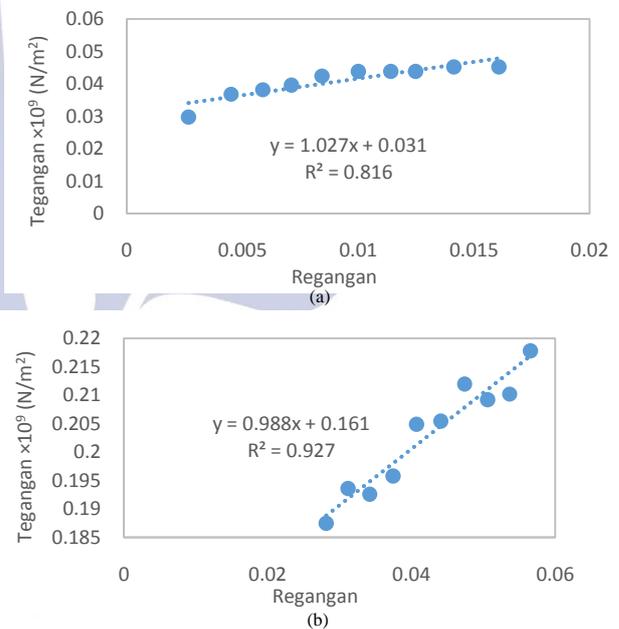
Pada pengujian kawat tembaga diameter 0,3mm diperoleh hasil dengan tren yang sama namun tidak sampai kawat menjadi putus dikarenakan motor DC yang tidak mampu menahan gaya yang besar sehingga tidak dapat berputar. Pengujian menggunakan KIT dibatasi mengukur gaya tidak lebih dari 30N dikarenakan kemampuan motor DC. Pengujian kawat dengan menggunakan PASCO diperoleh sebagai berikut



**Gambar 9.** Grafik pengujian kawat tembaga diameter 0,3mm menggunakan PASCO

Perubahan gaya pada pengujian menggunakan PASCO dapat terlihat karena diameter kawat yang besar berpengaruh pada nilai perubahan gaya saat ditarik. Pengujian kawat ini direkam datanya hingga mengalami putus.

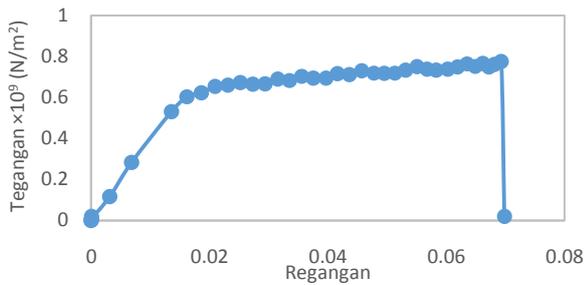
Grafik pada gambar 8 dan gambar 9 diambil beberapa data untuk menentukan nilai modulus Young dari nilai gradien linier yang dihasilkan pada grafik dengan hasil sebagai berikut



**Gambar 10.** Modulus Young kawat tembaga diameter 0,3 mm dengan menggunakan (a) KIT percobaan dan (b) PASCO

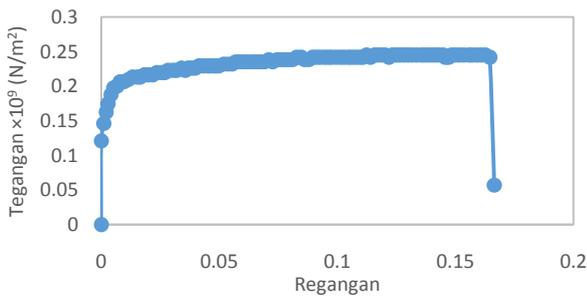
Nilai Modulus Young untuk kawat tembaga diameter 0,3 mm yang diperoleh dari KIT sebesar  $0,98 \times 10^9 N/m^2$  dan dari PASCO sebesar  $1,03 \times 10^9 N/m^2$ . Hasil dari percobaan menggunakan KIT tersebut memiliki persentase perbedaan sebesar 4,85% dengan PASCO. Taraf ketelitian untuk kawat tembaga diameter 0,3 mm sebesar 95,15%.

- Pengujian kawat nikelin diameter 0,2 mm Grafik keseluruhan untuk pengujian kawat nikelin diameter 0,2mm yang diperoleh dengan menggunakan KIT sebagai berikut



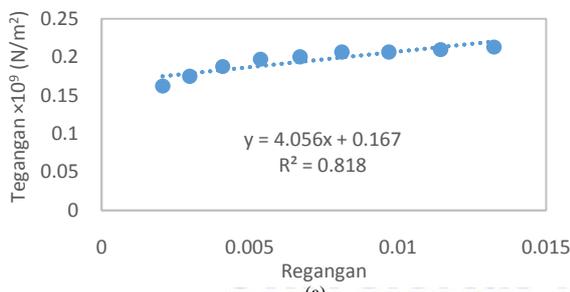
**Gambar 11.** Grafik pengujian kawat nikelin diameter 0,2mm menggunakan KIT

Pengujian kawat nikelin terlihat memiliki tren yang sama dengan kawat uji ditarik hingga putus. Pengujian kawat dengan menggunakan PASCO diperoleh sebagai berikut

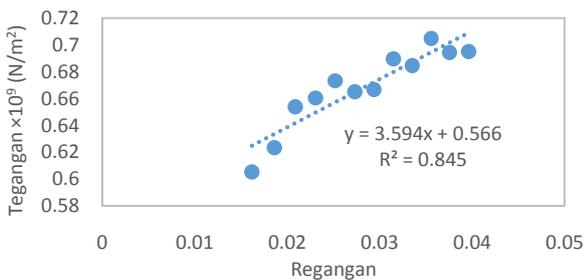


**Gambar 12.** Grafik pengujian kawat nikelin diameter 0,2mm menggunakan PASCO

Pengujian menggunakan PASCO juga memiliki tren yang sama hingga terlihat perubahan nilai gaya dan perubahan panjang yang dialami. Grafik pada gambar 11 dan gambar 12 diambil beberapa data untuk menentukan nilai modulus Young pada nilai gradiennya yang



diperoleh sebagai berikut



**Gambar 13.** Grafik Modulus Young kawat nikelin diameter 0,2 mm dengan menggunakan (a) KIT percobaan dan (b) PASCO

Pengujian kawat nikelin diameter 0,2 mm diperoleh nilai Modulus Young dengan menggunakan KIT sebesar  $3,59 \times 10^9 \text{ N/m}^2$  dan dengan menggunakan PASCO sebesar  $4,05 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ . Perbedaan kedua nilai tersebut sebesar 11,35% dan taraf ketelitian sebesar 88,65%.

## PENUTUP

### Simpulan

Nilai modulus Young dalam penelitian ini diperoleh sebagai berikut

**Tabel 1.** Hasil penentuan modulus Young kawat

Jenis kawat	Nilai Modulus Young ( $\times 10^9 \text{ N/m}^2$ )		Taraf Ketelitian
	KIT	PASCO	
Tembaga $\emptyset$ 0,2mm	1,32	1,27	96,22%
Tembaga $\emptyset$ 0,3mm	0,98	1,03	95,15%
Nikelin $\emptyset$ 0,2mm	3,59	4,05	88,65%

Batas kemampuan KIT penentuan Modulus Young yang telah dibuat dapat mengukur nilai gaya yang rendah dengan ketelitian  $\pm 0,001 \text{ mm}$  dan terdeteksi dibawah 30N dikarenakan batas maksimal kemampuan motor DC untuk memutar penggulung sedangkan alat PASCO dapat mendeteksi gaya maksimum 50N dengan ketelitian  $\pm 0,1 \text{ mm}$ .

Bahan uji yang digunakan dalam KIT yaitu kawat sepanjang 1,16 meter yang kurang efektif karena terlalu banyak menggunakan kawat dan dalam percobaan kawat digunakan sekali pakai dalam satu kali percobaan bila dibandingkan dengan PASCO yang membutuhkan kawat sepanjang 10cm namun PASCO sebenarnya menguji bahan yang berbentuk lempengan.

Hasil yang diperoleh dalam penelitian, kawat uji berdiameter 0,2 mm dengan menggunakan KIT memiliki nilai yang mendekati dengan nilai acuan dari percobaan pada alat PASCO. Nilai acuan tersebut didasarkan kawat tidak memiliki nilai referensi sehingga kawat diuji dengan alat pembanding yang serupa dengan KIT yang dibuat.

### Saran

Batas kemampuan KIT penentuan Modulus Young dapat diperbesar jangkauan dalam memperoleh nilai gaya yang besar namun presisi dengan mengubah mekanik penelitian yang efektif agar dapat mengukur beberapa kawat uji dengan variasi jenis bahan, diameter, dan panjang mula-mulanya. Bila perlu ditambahkan aplikasi yang dapat menampilkan grafik secara langsung saat pengambilan data berlangsung untuk memudahkan dalam analisis penentuan Modulus Young seperti dalam alat PASCO.

## DAFTAR PUSTAKA

- Callister, W. D. 2007. *Materials Sciences and Engineering: An Introduction*. 7th edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Halliday, D. 2014. *Fundamentals of Physics*. United States of America: John Wiley n Sons, Inc.
- Mitchell, Brian. 2004. *An Introduction to Materials Engineering and Science*. United States of America: John Wiley n Sons, Inc.
- Prabowo, R. 2015. *Sistem Pengukur Modulus Young Berbasis Mikrokontroler*. Skripsi Sarjana. Fisika Universitas Indonesia.
- Schomburg, W. K, *et al.* 2004. The Design of Metal Strain Gauges on Diaphragms. *Journal of Micromechanics and Microengineering*. Vol.14, No.7, pp.110-103.

