

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”
21 MEI 2016**

**STUDI PENGARUH *TENSILE STRESS* TERHADAP NILAI HAMBATAN
KAWAT PENGHANTAR****¹⁾Andri Ariyanto, ²⁾Rif’ati Dina Handayani, ²⁾Bambang Supriadi**¹⁾Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika²⁾Dosen Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember

Email:andri.ariyanto44@gmail.com

Abstrak :

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh tensile stress terhadap nilai hambatan kawat penghantar. Jenis dari penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan variabel tensile stress. Kawat yang digunakan pada penelitian ini adalah kawat tembaga dengan panjang 30 cm, 50 cm, 70 cm dan berdiameter 0,3 mm. Masing-masing panjang kawat diberikan tiga variasi beban tarik sebesar 750 g, 1000 g, dan 1250 g. Pengumpulan data dilakukan dengan mengukur tegangan dan kuat arus pada rangkaian, kemudian nilai hambatan kawat dihitung dengan menggunakan hukum Ohm. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa ada pengaruh tensile stress terhadap nilai hambatan kawat penghantar. Nilai hambatan kawat penghantar berubah dengan adanya pengaruh tensile stress walaupun perubahannya terbilang cukup kecil. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa setiap panjang kawat penghantar, nilai hambatannya berubah seiring dengan tensile stress yang diberikan. Semakin besar tensile stress, nilai hambatan kawat penghantar semakin bertambah.

Kata Kunci: *tensile stress, nilai hambatan kawat penghantar*

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016

“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”
21 MEI 2016

PENDAHULUAN

Materi dapat digolongkan menjadi tiga wujud, yaitu padat, cair, dan gas. Materi di sekitar kita ada yang berupa zat tunggal dan ada pula yang berupa campuran. Unsur dan senyawa termasuk dalam golongan zat tunggal. Unsur diklasifikasikan menjadi unsur logam, non-logam dan metaloid berdasarkan sifatnya. Unsur-unsur metaloid menunjukkan kemiripan sifat pada unsur logam dan non-logam sekaligus (Suja, 2014). Pemanfaatan unsur logam meningkat dengan berkembang pesatnya industri misalnya sebagai bahan untuk pembuatan kawat penghantar (kabel).

Pemilihan unsur logam sebagai bahan pembuatan kabel dilakukan karena faktor kesesuaian antara sifat bahan dengan fungsi kabel itu sendiri. Sifat bahan perlu diketahui dengan baik sebelum bahan itu dipergunakan agar dapat ditentukan bahan yang tepat sesuai kebutuhan dan keadaan. Logam memiliki keunggulan yaitu banyak sifat bahan produk dapat dipenuhi oleh sifat logam. Dalam usaha pemanfaatannya oleh manusia, sifat yang dimiliki oleh logam tidak harus unggul semuanya tetapi cukup beberapa sifat saja yang memang relevan dengan persyaratan aplikasinya. Bahan logam yang banyak digunakan adalah besi, baja, timah, aluminium, tembaga, seng, nikel, dan

sebagainya. Meskipun tembaga lebih mahal dari besi/baja, tembaga banyak digunakan untuk kabel atau kawat penghantar karena memiliki tahanan jenis yang relatif rendah.

Bahan untuk kawat penghantar haruslah memiliki sifat-sifat mampu menghantarkan listrik yang baik. Kawat penghantar merupakan suatu bahan berbentuk kawat yang dapat menghantarkan arus listrik dari satu titik ke titik yang lain. Setiap bahan yang dilewati arus listrik memiliki besaran yang dapat menghambat laju arus listrik dan dinamakan hambatan (resistansi) (Somantri, 2014). Pada bahan ohmik hambatannya tidak bergantung pada arus dan hubungan empiris ini disebut dengan hukum Ohm yang dinyatakan dalam persamaan:

$$V = IR$$

(Sekeon *et al*, 2014)

Resistansi suatu kawat penghantar sebanding dengan panjang kawat dan berbanding terbalik dengan luas penampang lintang sesuai dalam persamaan:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2)$$

Dimana ρ disebut resistivitas (hambatan jenis) bahan penghantar. Kebalikan dari resistivitas disebut konduktivitas σ (Irzaman *et al*, 2010).

Giancoli dalam JuliantodanSupriyadi (2013) menyatakan bahwa suhu menjadi salah satu faktor eksternal yang

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016

“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”
21 MEI 2016

berpengaruh terhadap nilai hambatan suatu penghantar. Hambatan jenis kawat penghantar akan berubah seiring dengan perubahan suhu yang dialaminya. Semakin tinggi suhu kawat penghantar, hambatan jenisnya akan semakin besar, dan begitu pula sebaliknya. Semakin rendah suhu kawat penghantar, hambatan jenisnya akan semakin kecil. Perubahan hambatan jenis ini akan mengakibatkan nilai hambatannya juga berubah yang dinyatakan dalam persamaan:

Dalam pemakaiannya, kawat penghantar dapat mengalami tegangan akibat gaya yang bekerja pada kawat tersebut. Tegangan didefinisikan sebagai besaran gaya yang bekerja pada satu satuan luas permukaan benda yang dikenakan oleh gaya (Sutikno, 2011). Besaran gaya tarik yang bekerja tegak lurus terhadap luas penampang benda disebut tegangan tarik (*tensile stress*). Secara matematis definisi tegangan tarik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Untuk tegangan tarik, rasio tegangan terhadap regangan dalam daerah linier grafik merupakan konstanta yang disebut dengan modulus Young (modulus elastisitas) yang disimbolkan Y . Secara matematis dinyatakan dengan:

$$Y = \frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}} = \frac{F/A_0}{\ell/\ell_0}$$

Nilai hampiran modulus Young untuk berbagai bahan dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Modulus Young Y dan kekuatan bahan

Bahan	Y GN/m^2	Kekuatan Tarik MN/m^2	Kekuatan Tekan MN/m^2
Aluminium	70	90	
Tulang			
Tarik	16	200	
Tekan	9	-	270
Kuningan	90	370	
Beton	23	2	17
Tembaga	110	230	
Besi (tempa)	190	390	
Timah hitam	16	12	
Baja	200	520	520

$\dagger 1 \text{ GN} = 10^3 \text{ MN} = 10^9 \text{ N}$

Sumber: Tipler. (1998).

Suatu kawat penghantar yang dipengaruhi gaya tarikan akan mengalami perubahan panjang dan luas penampang kawat serta mengalami kenaikan suhu karena terjadi tegangan tarik. Secara teori, jika suatu kawat penghantar mengalami perubahan panjang, luas penampang dan suhu seharusnya nilai hambatan mengalami perubahan sehingga hal ini dapat diteliti lebih

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016

**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”
21 MEI 2016**

lanjut. Aplikasi mengenai *tensile stress* dalam kehidupan sehari-hari misalnya pada kabel listrik di rumah- disebabkan oleh adanya beban yang dikenakan pada kabel tersebut maupun oleh berat dari kabel itu sendiri sehingga kabel tersebut mengalami tegangan

rumah dan pemasangan kabel listrik pada gardu di pinggir jalan yang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari pengukuran dan perhitungan dapat diamati pada Tabel 2.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengkaji pengaruh *tensile stress* terhadap nilai hambatan kawat penghantar. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisika Dasar Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember. Besar *tensile stress* dibuat tiga variasi dengan menggunakan beban tarik sebesar 750 g, 1000 g, dan 1250 g. Sedangkan kawat penghantar tanpa mengalami *tensile stress* digunakan sebagai pembanding hasil. Seperangkat alat dan bahan penelitian yang digunakan adalah kawat tembaga (merk supreme Indonesia dengan panjang 30 cm, 50 cm, 70 cm, dan berdiameter 0,3 mm), beban (750 g, 1000 g, 1250 g), statif, avometer (merk MAZDA DT830B), kabel penghubung dan sumber tegangan. Dengan desain penelitian seperti Gambar 1. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur kuat arus dan tegangan pada rangkaian menggunakan avometer sehingga nilai hambatan kawat dapat dihitung dengan persamaan $R=V/i$.

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016

"Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA"

21 MEI 2016

Massa m (g)	Gaya tarik F (N)	Luas penampang mula-mula A_0 (m^2)	Tensile Stress τ (MN/m^2)	Arus I (mA)	Tegangan V (mV)	R_{kawat} (Ω)
0	0		0	$85,23 \pm 0,208$	$11,15 \pm 0,145$	$13,09 \cdot 10^{-2}$
750	7,5	$0,07065 \cdot 10^{-6}$	106,16	$84,63 \pm 0,289$	$7,43 \pm 0,043$	$13,31 \cdot 10^{-2}$
1000	10		141,54	$83,93 \pm 0,404$	$11,29 \pm 0,087$	$13,45 \cdot 10^{-2}$
1250	12,5		176,93	$83,93 \pm 0,280$	$6,13 \pm 0,0085$	$13,60 \cdot 10^{-2}$
750	7,5		106,16	$86,47 \pm 0,153$	$6,40 \pm 0,000$	$7,40 \cdot 10^{-2}$
1000	10	$0,07065 \cdot 10^{-6}$	141,54	$86,17 \pm 0,153$	$6,40 \pm 0,000$	$7,43 \cdot 10^{-2}$
1250	12,5		176,93	$85,73 \pm 0,115$	$6,54 \pm 0,044$	$7,63 \cdot 10^{-2}$

dengan panjang 70 cm yang dipengaruhi variasi *tensile stress*.

Tabel 2. Data untuk perhitungan nilai hambatan kawat penghantar dengan panjang 30 cm yang dipengaruhi variasi *tensile stress*.

Tabel 3, dan Tabel 4 berikut ini.

Tabel 3. Data untuk perhitungan nilai hambatan kawat penghantar dengan panjang 50 cm yang dipengaruhi variasi *tensile stress*

Mas sa m (g)	Gaya tarik F (N)	Luas penampangan mula-mula A_0 (m^2)	Tensile Stress τ (MN/m^2)	Arus I (mA)	Tegangan V (mV)
0	0		0	82,53	$\pm 14,8$
750	7,5		106,16	81,87	$\pm 14,9$
1000	10	$0,07065 \cdot 10^{-6}$	141,54	81,17	$\pm 15,0$
1250	12,5		176,93	80,70	$\pm 15,2$
0				0,173	0,00

Tabel 4. Data untuk perhitungan nilai hambatan kawat penghantar

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”****21 MEI 2016**

Tabel 2 sampai Tabel 4 menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan nilai hambatan kawat penghantar tanpa *tensile stress* ($\tau = 0$), nilai hambatan setiap panjang kawat penghantar setelah dipengaruhi *tensile stress* mengalami perubahan meskipun terbilang cukup kecil. Nilai hambatan kawat tersebut bertambah seiring dengan semakin besar *tensile stress*. Pada pengaruh *tensile stress* yang sama, kawat penghantar dengan panjang mula-mula $l_0 = 70$ cm memiliki nilai hambatan kawat yang paling besar dibanding nilai hambatan kawat penghantar dengan $l_0 = 50$ cm dan $l_0 = 30$ cm. Sedangkan kawat penghantar dengan panjang mula-mula $l_0 = 30$ cm memiliki nilai hambatan yang paling kecil dibanding nilai hambatan kawat penghantar dengan $l_0 = 50$ cm dan $l_0 = 70$ cm.

Pada umumnya setiap kawat akan memiliki nilai hambatan tertentu apabila dialiri arus listrik. Namun nilai hambatannya berbeda tiap jenis logam yang digunakan, karena nilai hambatan kawat bergantung pada resistifitas bahan, panjang, dan luas penampang. Berbeda dengan eksperimen ini, meskipun jenis logam yang digunakan sama, dan untuk setiap panjang dan diameter yang sama, diperoleh nilai hambatan berbeda. Perbedaan nilai hambatan kawat penghantar yang diperoleh dikarenakan pengaruh *tensile stress*.

Tensile stress yang diperlakukan pada kawat mengakibatkan kawat

mengalami deformasi bentuk sehingga menimbulkan cacat pada struktur kristal kawat yang akan menghambat aliran elektron-elektron bebas. Dengan adanya cacat kristal tersebut dapat menghambat mobilitas elektron yang akan mengurangi

kecepatan geser elektron bebas. Mobilitas elektron bebas akan semakin kecil ketika elektron bebas tersebut semakin sulit untuk melintasi kawat. Sesuai dengan teori yang ada dimana Tipler (1998) menyatakan bahwa jika sebuah benda padat berada dalam keadaan setimbang tetapi dipengaruhi gaya-gaya yang berusaha menarik, menggeser, atau menekannya, maka benda tersebut akan mengalami deformasi bentuk. Di samping itu Hersandi (2014) juga menyatakan bahwa ketika suatu kawat mengalami deformasi bentuk, atom-atom bahan dari kawat tersebut mengalami cacat pada struktur kristal di daerah-daerah tertentu. Cacat ini dapat berupa dislokasi atom-atom, atom-atom yang tidak pada tempatnya, dan lain sebagainya yang mengakibatkan terjadinya tumbukan antara atom-atom yang akan mempengaruhi gerakan elektron-elektron bebas menjadi tak leluasa dalam menghantarkan arus listrik.

Selain itu *tensile stress* juga mengakibatkan kenaikan suhu pada kawat yang dapat mempengaruhi nilai hambatan kawat penghantar itu sendiri dengan pengaruh yang sangat kecil mengingat perubahan suhunya juga

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”****21 MEI 2016**

sangat kecil. Popov (1983) menyatakan bahwa dalam benda padat yang mengalami deformasi (berubah bentuk), tegangan yang dikalikan dengan luas penampang yang bersangkutan adalah gaya, sedangkan deformasi adalah jarak. Hasil kali kedua besaran ini merupakan kerja dalam yang dilakukan dalam sebuah benda oleh gaya luar. Kerja dalam ini yang akan disimpan dalam sebuah benda sebagai energi deformasi elastis dalam atau energi regangan elastis. Dalam daerah tak elastis, hanya sebagian kecil energi saja yang diserap oleh suatu bahan yang dapat dikembalikan lagi. Kebanyakan energi tersebut tersebar ke dalam bahan yang berdeformasi permanen dan didisipasikan dalam bentuk panas sehingga bahan mengalami perubahan suhu. Resistansi (hambatan) akan berubah seiring dengan perubahan suhu karena resistansi merupakan fungsi suhu yang dinyatakan dalam persamaan (3).

Dengan pengaruh *tensile stress* yang sama, semakin panjang kawat penghantar yang digunakan, nilai hambatan kawat yang diperoleh pun semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin panjang kawat penghantar akan ada lebih banyak penghalang untuk aliran elektron. Hasil eksperimen ini sesuai dengan teori yang ada, dimana semakin panjang kawat penghantar, nilai hambatan kawat juga semakin besar, yang secara matematis dirumuskan dengan persamaan (2).

Dari rumus tersebut dapat diketahui bahwa nilai hambatan (R) kawat penghantar berbanding lurus dengan panjang (l) kawat penghantar tersebut.

Sebagaimana halnya dengan pengukuran-pengukuran pada penelitian-penelitian yang lain, setiap pengukuran selalu dihindangi ketidakpastian. Ketidakpastian ini dapat berupa adanya kesalahan paralaks, keterbatasan variasi *tensile stress* dan ukuran panjang kawat penghantar maupun keterbatasan alat-alat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini (tingkat ketelitian alat ukur, dan lain sebagainya). Keterbatasan-keterbatasan itulah yang menjadi kendala yang harus dialami oleh peneliti. Selain itu kendala lain yang dialami adalah kawat tembaga yang digunakan putus ketika diberi beban tarik sebesar 1500 g. Hal ini menunjukkan kawat yang digunakan tidak murni seperti yang tertera pada Tabel 1. Kawat tembaga yang dirujuk dalam Tabel 1 merupakan kawat tembaga yang ideal. Tingkat kemurnian dari kawat tembaga yang ada di pasaran berbeda-beda karena setiap kawat yang dibuat oleh pabrik yang berbeda maka tingkat kemurniannya akan berbeda pula.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh, dapat diambil kesimpulan bahwa nilai hambatan kawat penghantar untuk setiap variasi ukuran panjang yang dipengaruhi

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016

**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”
21 MEI 2016**

tensile stress mengalami perubahan, dimana nilai hambatannya semakin bertambah seiring semakin besar *tensile stress* yang diberikan. Saran yang dapat diberikan antara lain penelitian ini akan semakin akurat jika digunakan alat ukur yang mempunyai ketelitian tinggi, penelitian ini akan memiliki hasil yang lebih baik lagi jika menggunakan variasi *tensile stress* dan panjang kawat yang lebih banyak (lebih dari 3 variasi), dan penelitian ini dapat digunakan untuk memperkaya pengetahuan yang sudah diperoleh khususnya bagi calon pendidik.

DAFTAR PUSTAKA

- Hersandi. 2014. Pengaruh Bentuk Elemen Pemanas terhadap Jumlah Kalor yang Dihasilkan. *Jurnal Pendidikan Fisika*. ISSN 2301-9794. Vol. 3 (1).
- Irzaman *et al.* 2010. Studi Konduktivitas Listrik Film Tipis $Ba_{0.25}Sr_{0.75}TiO_3$ yang Didadah Ferium Oksida (BFST) Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition. *Jurnal Berkala Fisika*. ISSN 1410 – 9662. Vol.13 (1).
- Julianto dan Supriyadi. 2013. Pengaruh Suhu Terhadap Hambatan Rangkaian Listrik. *Jurnal Fisika*. ISSN 2008-1509. Vol. 3 (2).
- Popov. 1983. *Mekanika Teknik*. Edisi II. Jakarta: Erlangga.
- Sekeon *et al.* 2014. Pengenalan Metode Geolistrik dalam Eksplorasi Potensi Panas Bumi untuk Siswa SMA. *Prosiding Seminar Kontribusi Fisika (SKF)*. ISBN 978-602-19655-7-3. Hal 71-74.
- Somantri *et al.* 2014. Konsistensi Hambatan Kawat Kumparan Terhadap Hukum Ohm pada Berbagai Medium. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY*. ISSN 0853-0823. Hal 84-88.
- Suja. 2014. Penggunaan Analog dalam Pembelajaran Kimia. *Jurnal Pendidikan Indonesia*. ISSN 2303-288X. Vol. 3 (2)
- Sutikno. 2011. Analisis Tegangan Akibat Pembebanan Statis Pada Desain Carbody TeC Railbus Dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Rekayasa Mesin*. ISSN 0216-468X. Vol.2 (1).
- Tipler. 1998. *Fisika Untuk Sains dan Teknik* Jilid 1. Edisi III. Jakarta: Erlangga