

ANALISIS KELISTRIKAN SAMBUNGAN PELAT ALUMINIUM DAN BESI AKIBAT PERBEDAAN TEMPERATUR UNTUK PERAGA THERMOELEKTRIK

Maghfira Alimatussaumi*, Eko Suyanto, Abdurrahman
FKIP Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1
*maghfiraalimatus@gmail.com

Abstract: *Analysis of Electrical Quantity of Aluminum and Iron Plates Due to Differences Temperature for Thermoelectric Props.* This research aimed to determine the influence of temperature to voltage, Seebeck coefficient, and the resulting inner resistance of thermoelectric props. This research used experimental research method. The junction plate used aluminum and iron metal are easily found. The tools used for the measurement in this research are thermometer, digital multimeter, and potentiometer. The reference temperature used is 0 °C and the heating temperature used is starting from 20 °C - 80 °C with the increase every 2 °C. The result showed that the Seebeck voltage ranged from 0.1 mV to 1.6 mV with relative validity below 10%, Seebeck coefficient value 0.026 mV/°C, and internal resistance is 4999,972 Ω, so this thermoelectric props can explain the phenomenon of heat energy change into energy electricity.

Keyword: *Electrical Quantity, Plate Junction of Aluminum and Iron, Seebeck Coefficient, Thermoelectric*

Abstrak: **Analisis Besaran Kelistrikan Akibat Perbedaan Temperatur Sambungan Pelat Aluminium dan Besi untuk Peraga Termoelektrik.** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap tegangan, koefisien seebeck, dan hambatan dalam yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan metode *research experimental*. Sambungan pelat yang digunakan yaitu logam aluminium dan besi yang mudah ditemukan. Alat yang digunakan untuk pengukuran dalam penelitian ini yaitu termometer, multimeter digital, dan potensiometer. Temperatur referensi yang digunakan dalam penelitian ini 0 °C atau sesuai dengan titik lebur es dan temperatur pemanasan yang digunakan yaitu dimulai dari 20 °C – 80 °C dengan perubahan kenaikan per 2 °C. Hasil penelitian didapatkan tegangan seebeck berkisar antara 0,1 mV – 1,6 mV dengan kesalahan relatif dibawah 10%, nilai koefisien seebeck 0,026 mV/°C, dan hambatan dalam sebesar 4999,972 Ω, sehingga alat peraga termoelektrik ini dapat menjelaskan fenomena perubahan energi panas menjadi energi listrik.

Kata Kunci: Besaran Kelistrikan, Koefisien Seebeck, Sambungan Pelat Aluminium dan Besi, Termoelektrik

PENDAHULUAN

Fisika adalah pelajaran tentang kejadian alam yang memungkinkan penelitian dengan percobaan pengukuran apa yang didapat, penyajian secara sistematis, dan berdasarkan peraturan-peraturan umum. Sehingga seharusnya pembelajaran fisika dilakukan dengan pengamatan secara langsung. Namun saat ini masih terdapat beberapa materi yang disampaikan secara tekstual.

Salah satu cara untuk membuat materi pembelajaran menjadi lebih konkret yaitu dengan menggunakan alat peraga.

Alat peraga dapat digunakan untuk memudahkan pendekatan materi dengan fakta yang sebenarnya dan juga dapat memudahkan visualisasi konsep pada suatu materi pembelajaran fisika, terutama saat kegiatan pembelajaran. Prasetyani, dkk (2013:7) menjelaskan

alat peraga dapat memperjelas bahan pengajaran yang diberikan guru kepada siswa sehingga siswa lebih mudah memahami materi atau soal yang disajikan guru. Camalia (2016:68) menjelaskan alat peraga pendidikan bertujuan agar proses pendidikan lebih efektif dengan jalan meningkatkan semangat belajar siswa, sehingga pembelajaran berlangsung sangat menyenangkan bagi masing-masing siswa. Hal demikian diharapkan agar konsep lebih mudah disampaikan kepada peserta didik. Salah satu materi dalam mata pelajaran fisika yaitu konversi energi.

Materi konversi energi di dalam buku-buku ajar yang beredar saat ini tidak dijelaskan secara rinci mengenai konversi energi panas menjadi energi listrik. Begitupun dengan alat peraganya yang masih jarang ditemukan. Oleh karena itu, pengadaan alat peraga pada materi ini sangat diperlukan.

Alat peraga termoelektrik adalah alat peraga yang mengubah energi panas menjadi energi listrik. Menurut Soedjo (2004:66), termoelektrik didasarkan atas mengalirnya arus listrik sekeliling untai yang terdiri atas dua kawat dari bahan lain jenis yang dipersambungkan kedua ujungnya apabila suhu di kedua persambungan itu berbeda. Sehingga alat ini dapat menjelaskan fenomena perubahan energi panas menjadi energi listrik. Menurut Bueche (2006:143) energi termal atau kalor adalah energi yang mengalir dari benda yang satu ke benda yang lain karena perbedaan suhu. Kalor selalu berpindah dari benda yang panas ke benda yang dingin. Agar kedua benda yang saling bersentuhan tersebut berada dalam keadaan termal yang seimbang (yakni ada perpindahan kalor antara kedua benda), suhu kedua benda haruslah sama. Jika benda pertama dan benda kedua berada dalam keadaan

setimbang termal dengan benda ketiga, maka kedua benda pertama berada dalam keadaan seimbang termal. (pernyataan ini sering disebut hukum ke-nol termodinamika). Sedangkan menurut Giancoli (2001:491) energi panas atau energi termal adalah jumlah total dari semua energi pada semua molekul di sebuah benda. Energi ini mengacu pada energi total dari semua molekul pada benda. Adapun pengertian energi listrik menurut Culp (1996:4) adalah jenis energi yang berkaitan dengan arus dan akumulasi elektron. Energi jenis ini umumnya dinyatakan dalam satuan daya dan waktu, misalnya watt-jam atau kilowatt-jam. Bentuk transisional dari energi listrik adalah aliran elektron, biasanya melalui konduktor dari jenis tertentu.

Pada penelitian awal dilakukan pengukuran menggunakan sambungan pelat Tembaga dengan Alumunium, Tembaga dengan Timbal, dan Alumunium dengan Besi. Sambungan pelat yang digunakan selebar 5 cm dengan temperatur awal 10 °C. Variasi dilakukan dengan mengubah kenaikan temperatur per 10 °C. Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan yang telah dilakukan, sambungan pelat Alumunium dan Besi menunjukkan hasil tegangan yang lebih teratur terhadap perubahan temperatur daripada sambungan pelat logam lainnya. Sehingga dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat fenomena efek Seebeck secara empirik.

Alat peraga temoelektrik didasarkan pada perbedaan temperatur pada masing-masing sambungan pelat logam. Menurut Giancoli (2001:449) temperatur merupakan ukuran mengenai panas atau dinginnya benda. Banyak sifat zat yang berubah terhadap temperatur, misalnya hambatan suatu benda dapat berubah akibat temperatur.

Akibat adanya perbedaan temperatur tersebut, maka akan dihasilkan tegangan. Tipler (2001:74-75) menjelaskan, beda potensial adalah perubahan negatif potensial per satuan muatan. Beda potensial $V_b - V_a$ adalah negatif dari kerja per satuan muatan yang dilakukan oleh medan listrik pada muatan uji positif jika muatan pindah dari titik a ke titik b. Satuan SI untuk beda potensial adalah joule per coulomb atau sama dengan volt (V). Karena diukur dalam volt, beda potensial kadang-kadang disebut tegangan. Selain menghasilkan tegangan, alat peraga ini juga memiliki hambatan dalam. Jewwet dan Serway (2010:398-399) menjelaskan, kutub positif baterai yang nyata terbuat dari materi, maka terdapat hambatan terhadap aliran muatan di dalamnya. Hambatan ini disebut hambatan dalam (r_d).

Menurut Daryanto (2002:20) timbulnya daya elektromotoris thermo penting sekali terhadap dua titik kontak yang terbuat dari dua bahan yang berbeda, karena pada rangkaian arus akan terbangkit daya elektromotoris thermo sendiri bila ada perbedaan suhu, karena daya elektromotoris ini dapat tinggi sehingga dapat menyimpangkan pengukuran arus atau tegangan listrik yang sangat kecil. Besarnya perbedaan tegangan listrik yang terbangkit tergantung dari sifat-sifat kedua bahan tersebut dan sebanding dengan perbedaan suhu ini dinamakan daya elektromotoris thermo. Adapun hasil percobaan yang telah dilakukan oleh Krisanto dan Wiyatmo (2015:5) menunjukkan tegangan termoelektrik tertinggi yang dihasilkan adalah junction dengan ukuran terpendek, yaitu yang berukuran panjang 10 cm dan lebar 1 cm. Usaha berbanding lurus dengan panjang dan lebar plat yang digunakan, jika kita menggunakan plat

yang lebih pendek, maka usaha yang dibutuhkan muatan (q) untuk dapat bergerak sepanjang logam (l) sangat kecil, begitu pula jika kita menggunakan plat yang panjang, maka usaha yang diperlukan muatan q untuk dapat bergerak pada plat sepanjang (l) juga besar. Semakin panjang dan lebar plat yang digunakan maka tegangan termoelektrik yang dihasilkan juga semakin kecil. Semakin tinggi ΔT maka tegangan termoelektrik yang dihasilkan juga semakin tinggi.

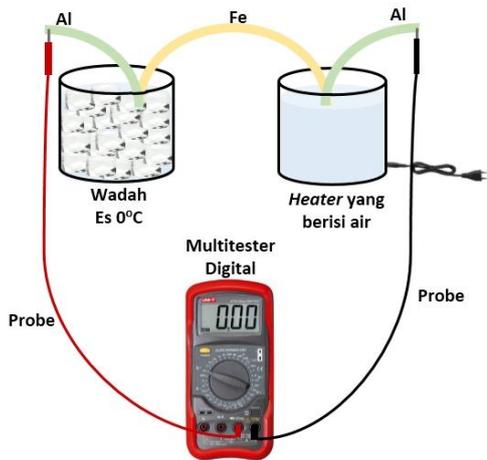
Menurut Ogungbe, dkk (2016:50) terdapat sesuatu di dalam termoelektrik yang disebut koefisien Seebeck. Koefisien Seebeck adalah sensitivitas termoelektrik dari masing-masing logam. Ionisasi energi secara langsung terkait dengan koefisien Seebeck. Semakin besar perbedaan antara temperatur dari logam yang dipasangkan, semakin tinggi tegangan yang dihasilkan. Hasil ini konsisten dengan apa yang diprediksi oleh teori Seebeck. Sensitivitas termoelektrik ini menunjukkan sensitivitas tegangan terhadap temperatur dengan nilainya disimbolkan dengan $\alpha = V/\Delta$ sehingga memiliki satuan yakni $mV/^\circ C$.

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan temperatur terhadap tegangan Seebeck dan untuk mengetahui besar tegangan Seebeck, koefisien Seebeck, dan hambatan dalam yang dihasilkan alat peraga.

METODE PENELITIAN

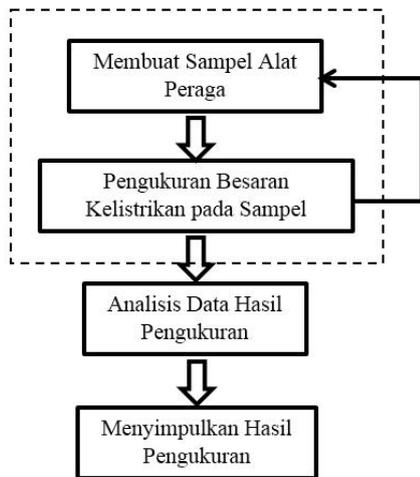
Metode penelitian yang digunakan adalah *research experimental* atau penelitian eksperimental. Penelitian ini dilakukan dengan membuat rancangan alat peraga berbasis termoelektrik untuk meneliti besaran ke-listrikan yang dihasilkan, meliputi besar tegangan Seebeck, hambatan dalam, dan koefisien Seebeck. Adapun

desain rancangan alat adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Desain Alat Peraga Konversi Energi Panas menjadi Energi Listrik

Prosedur penelitian yang dilakukan akan disajikan dalam bagan pada Gambar 2.

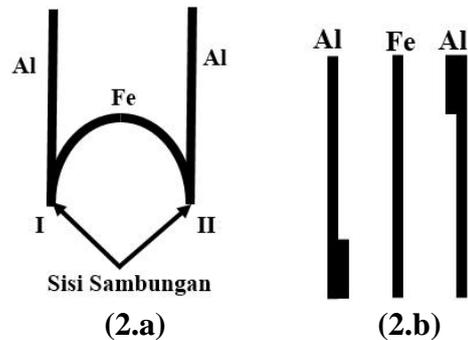


Gambar 2. Bagan Prosedur Penelitian

Sebelum membuat sampel alat peraga dilakukan kajian teoritis mengenai termoelektrik dan efek Seebeck. Selanjutnya membuat alat peraga dengan menggunakan beberapa pelat yang mudah ditemukan di lingkungan sekitar. Lalu melakukan pengukuran terhadap besaran kelistrikan yang dihasilkan sampel alat peraga

sekaligus untuk menguji sampel alat peraga. Apabila sampel alat peraga menunjukkan fenomena termoelektrik maka tidak perlu dilakukan pembuatan ulang, sebaliknya jika sampel tersebut tidak menunjukkan fenomena termoelektrik maka perlu dilakukan pembuatan ulang sampel alat peraga. Setelah melakukan pengukuran, dilakukan analisis data untuk menarik kesimpulan penelitian yang dilakukan.

Sampel alat peraga terdiri dari sambungan dua pelat logam, yakni Aluminium dan Besi. Adapun skema alat peraga dan contoh pemotongan pelat akan disajikan dalam gambar 2.

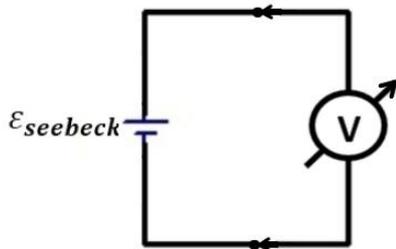


Gambar 2.a Skema Sambungan Alat dan **Gambar 2.b** Contoh Pemotongan Pelat

Sampel alat peraga dibuat dengan memotong pelat aluminium dan besi seperti pada gambar b. Selanjutnya masing-masing ujung pelat yang akan disambungkan diampas dan dibersihkan. Kemudian merekatkan ujung pelat aluminium dengan ujung pelat besi menggunakan *silver glue paint*. Setelah merekat dengan baik selanjutnya masing-masing ujung sambungan antara pelat aluminium dan besi dilapisi menggunakan carbon.

Setelah sampel alat peraga jadi maka selanjutnya adalah pengumpulan data. Pengumpulan data dilakukan dengan mengukur secara langsung besar tegangan Seebeck dan hambatan dalam. Sedangkan besar koefisien

Seebeck dilakukan dengan analisis regresi linier. Adapun teknik pengumpulan data tegangan dilakukan dengan menyiapkan alat dan bahan, yakni alat peraga seperti gambar 2.a, es dalam bejana, air dalam heater, multimeter digital, kabel penghubung, jepit buaya dan termometer. Selanjutnya menyusun alat dan bahan seperti gambar 1 dengan. Temperatur sisi sambungan I pada gambar 2.a dimasukkan ke dalam bejana yang berisi es mencair dengan temperatur $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ yang dijadikan sebagai temperatur referensi sedangkan sisi II pada gambar 2.b dimasukkan ke dalam heater berisi air. Temperatur awal pada sambungan II dimulai dari $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan mendinginkan air yang ada di dalam heater menggunakan es sampai temperaturnya mencapai angka $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pengukuran tegangan menggunakan multimeter MASDA DT380D dengan diatur sebagai pengukur tegangan. Kemudian merangkai alat sesuai skema pada gambar 3.

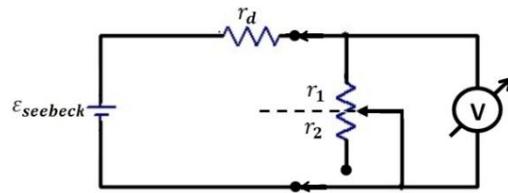


Gambar 3. Skema Pengukuran Tegangan Seebeck Alat Peraga

Pengukuran tegangan dilakukan dengan menjepit ujung-ujung pelat yang tidak disambungkan menggunakan jepit buaya yang terhubung dengan multimeter digital. Batas ukur yang digunakan pada multimeter digital yakni 200 mV . Setelah multimeter menunjukkan tegangan kemudian dicatat dalam tabel penelitian dan

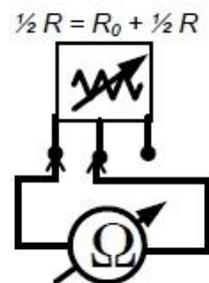
selanjutnya mengulangi langkah percobaan dengan perubahan kenaikan temperatur setiap $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Selanjutnya adalah pengumpulan data hambatan dalam. Pengukuran hambatan dalam menggunakan multimeter MASDA DT830D dengan mengatur sebagai ohmmeter. Adapun teknik yang digunakan untuk mengukur hambatan dalam dengan merangkai alat sesuai dengan skema pada gambar 4.



Gambar 4. Skema Pengukuran Hambatan Pengganti pada Rangkaian Sumber Tegangan atau Sampel Alat Peraga

Hambatan geser yang digunakan yaitu potensiometer dengan nilai $10\text{ k}\Omega$. Potensiometer digunakan untuk mengubah tegangan menjadi setengah dari tegangan full yang dihasilkan alat peraga pada temperatur tertentu. Setelah tegangan yang diukur menunjukkan hasil dari setengah tegangan full maka selanjutnya yakni melepas potensiometer dari rangkaian dan mengukur hambatan pada potensiometer dengan menggunakan ohmmeter sesuai skema pada gambar 5.



Gambar 5. Skema Pengukuran Hambatan menggunakan Ohmmeter

Selanjutnya yaitu menghitung hambatan dalam sampel menggunakan data hambatan yang telah diperoleh dengan persamaan berikut

$$R_0 = R_{\frac{1}{2}potensio} - R_{terukur}$$

Data yang diperoleh dicatat dalam tabel hasil penelitian. Setelah itu mengulangi percobaan setiap perubahan kenaikan temperatur sebesar 2°C.

Setelah memperoleh data tegangan Seebeck selanjutnya yaitu menganalisis besar koefisien Seebeck. Data koefisien Seebeck diperoleh dari persamaan berikut.

$$\alpha = \frac{V}{\Delta T}$$

dengan V adalah tegangan Seebeck yang dihasilkan dan ΔT adalah selisih temperatur pada masing-masing sambungan pelat logam. Besar koefisien Seebeck dianalisis menggunakan analisis regresi linier dengan persamaan berikut.

$$Y = Ax + B$$

di mana

Y = tegangan termoelektrik yang dihasilkan alat peraga

x = gradient temperatur sambungan pada alat peraga terhadap temperatur referensi

A = koefisien Seebeck

B = konstanta, yakni

$$A = \frac{N \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$B = \frac{\sum y_i - A \sum x_i}{N}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tegangan Seebeck

Tegangan Seebeck merupakan tegangan yang dihasilkan alat peraga ketika terjadi selisih temperatur pada

masing-masing sambungan alat peraga. Adapun data tegangan Seebeck yang diperoleh pada penelitian ini sebagaimana menggunakan skema penelitian pada gambar 2 dengan melakukan percobaan sebanyak tiga kali akan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Perubahan Temperatur terhadap Tegangan Seebeck

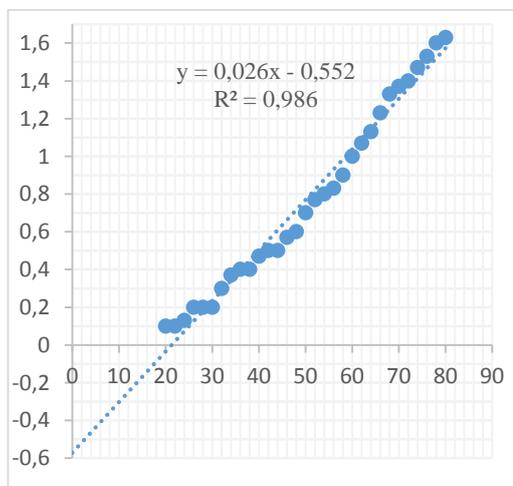
Temperatur Sambungan (ΔT) (°C)	Tegangan (mV)			
	v_1	v_2	v_3	\bar{v}
22	0,1	0,1	0,1	0,10
24	0,2	0,1	0,1	0,13
26	0,2	0,2	0,2	0,20
28	0,2	0,2	0,2	0,20
30	0,3	0,3	0,3	0,30
32	0,3	0,3	0,3	0,30
34	0,3	0,4	0,4	0,37
36	0,4	0,4	0,4	0,40
38	0,4	0,4	0,4	0,40
40	0,4	0,5	0,5	0,47
42	0,5	0,5	0,5	0,50
44	0,5	0,5	0,5	0,50
46	0,5	0,6	0,6	0,57
48	0,6	0,6	0,6	0,60
50	0,7	0,7	0,7	0,70
52	0,7	0,8	0,8	0,77
54	0,8	0,8	0,8	0,80
56	0,8	0,8	0,9	0,83
58	0,9	0,9	0,9	0,90
60	1,0	1,0	1,0	1,00
62	1,1	1,1	1,0	1,07
64	1,2	1,1	1,1	1,13
68	1,4	1,3	1,3	1,30
70	1,4	1,4	1,3	1,37
72	1,4	1,4	1,4	1,40
74	1,5	1,4	1,5	1,47
76	1,6	1,5	1,5	1,53
78	1,6	1,6	1,6	1,60
80	1,7	1,6	1,6	1,63

Tabel 1 menyajikan data bahwa terjadi kenaikan tegangan secara teratur pada suhu di atas suhu 60 °C artinya pada

suhu rendah tegangan yang dihasilkan belum stabil.

Hal ini menunjukkan lat peraga ini dapat menghasilkan tegangan yang disebut dengan tegangan Seebeck sebagai peraga fenomena perubahan energi panas menjadi energi listrik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Daryanto (2002:20) yang menjelaskan bahwa timbulnya daya elektromotoris thermo penting sekali terhadap dua titik kontak yang terbuat dari dua bahan yang berlainan, karena pada rangkaian arus akan terbangkit daya elektromotoris thermo sendiri bila ada perbedaan temperatur, karena daya elektromotoris ini dapat tinggi sehingga dapat meyimpangkan pengukuran arus atau tegangan listrik yang sangat kecil

Adapun data tegangan Seebeck tersebut jika di sajikan dalam bentuk grafik adalah sebagai berikut.



Gambar 5. Grafik Hubungan Temperatur terhadap Tegangan

Grafik pada gambar 5 menyajikan bahwa terjadi kenaikan tegangan seiring dengan kenaikan temperatur yang artinya terdapat pengaruh temperatur terhadap tegangan. Adapun perhitungan nilai korelasi antara temperatur dengan tegangan menggunakan SPSS versi 21 akan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Ringkasan Model

	R	R _{square}
Temperatur*	0,933	0,986
Tegangan		

Berdasarkan data yang disajikan pada tabel 2 pada kolom R nilai koefisien korelasinya sebesar 0,933 dan pada kolom R_{square} nilai koefisien determinasi sebesar 0,986. Nilai koefisien determinasi ini menunjukkan pengaruh temperatur terhadap tegangan yang dihasilkan alat peraga yakni sebesar 0,986 % yang artinya sangat berpengaruh.

Adapun kesalahan relatif pada setiap pengukuran adalah sebagai berikut. Pada pengukuran tegangan Seebeck di temperatur 20 °C kesalahan relatif yang diperoleh setelah melakukan perhitungan adalah sebesar 0%. Selanjutnya pada temperatur 22 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 24 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 5,43%, pada temperatur 26 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 28 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 30 °C kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 32 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 34 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 36 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 38 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 40 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 6,62%, pada temperatur 42 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, dan pada temperatur 44 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%.

Selanjutnya pada temperatur 46°C diperoleh kesalahan relatif sebesar 6,62%, pada temperatur 48 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 50 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 52 °C kesalahan relatif

sebesar 3,78%, pada temperatur 54 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 56 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 7,5%, pada temperatur 58 °C kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 60 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 62 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 64 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 6,2%, pada temperatur 66 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 5,8% pada temperatur 68 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 5,6%, pada temperatur 70 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 1,87%, pada temperatur 72 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 74 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 5,2%, pada temperatur 76 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, pada temperatur 78 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 0%, dan terakhir pada temperatur 80 °C diperoleh kesalahan relatif sebesar 4,9%.

Berdasarkan perhitungan tersebut maka dapat disimpulkan percobaan dalam penelitian ini berhasil karena KR yang diperoleh dari setiap percobaan kurang dari 10%. Kesalahan relatif dapat terjadi karena beberapa faktor, di antaranya yaitu pengaruh lingkungan terhadap rangkaian alat peraga, kesalahan saat membaca temperatur, dan kurangnya perawatan terhadap alat peraga.

Adapun kesalahan pengukuran akibat pengaruh lingkungan terhadap rangkaian alat peraga adalah mudah mencairnya es dalam bejana yang tidak terisolasi sempurna, sehingga suhunya mudah berubah. Selanjutnya yaitu kesalahan saat membaca temperatur atau kesalahan paralaks, di mana mata tidak sejajar dengan skala pada termometer pada saat pembacaan skala. Lalu kesalahan yang terjadi akibat kurangnya perawatan alat, di mana alat

ini dibuat dengan menggunakan besi yang didapat dari kaleng biskuit dengan mengamplas ujung-ujung yang akan disambungkan maupun yang akan bersentuhan dengan probe. Logam besi merupakan logam yang mudah berkarat, oleh karena itu kurangnya perawatan pada alat peraga dapat mempengaruhi pengukuran tegangan maupun besaran kelistrikan lainnya yang dihasilkan. Perawatan alat dapat dilakukan dengan mengeringkan alat setelah melakukan penelitian dan menaruhnya pada wadah yang tidak membuat alat peraga mudah teroksidasi oleh udara.

Apabila hasil pengukuran pada penelitian yang dilakukan tidak sesuai dengan teori maka perlu dilakukan perbaikan pada alat peraga yang dapat dilakukan dengan mengamplas kembali ujung-ujung alat peraga yang tidak disambung atau dengan membuat ulang kembali alat peraga secara benar, yaitu dengan memastikan sambungan alat peraga merekat dengan baik dan melapisi sambungan menggunakan carbon secara menyeluruh.

Koefisien Seebeck

Koefisien Seebeck merupakan koefisien yang menunjukkan tingkat sensitivitas alat peraga termoelektrik dengan satuan mV/°C. Nilai koefisien Seebeck dapat dihitung setelah memperoleh data tegangan dan selisih temperatur pada sambungan dengan dilakukan analisis regresi linier sederhana menggunakan aplikasi SPSS versi 21 akan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Uji Regresi Linier Sederhana

<i>Sig.</i>	<i>Coefficients Seebeck</i>	<i>Coefficients Constant</i>
0,000	0,02616	-0,55219

Tabel 3 menyajikan data hasil uji regresi linier dengan pada kolom Sig. Nilai signifikan 0,000 lebih kecil dari kriteria signifikansi (0,050) maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh antara temperatur terhadap tegangan Seebeck.

Berdasarkan uji regresi linier menggunakan SPSS versi 21 dan menggunakan perhitungan sesuai persamaan pada analisis maka diperoleh nilai koefisien Seebeck yang akan menunjukkan sensitivitas alat peraga. Persamaan linier yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 3 kolom *Coefficients Seebeck* dan *Coefficient Constant*. Nilai pada kolom *Coefficients Seebeck* merupakan konstanta 'A' dan pada nilai *Coefficients Constant* merupakan konstanta 'B', jadi persamaan liniernya menjadi,

$$Y = 0,026x - 0,552$$

dengan

Y = tegangan termoelektrik yang dihasilkan alat peraga

X = gradient temperatur sambungan pada alat peraga terhadap temperatur referensi

A = koefisien Seebeck

B = konstanta

Dilihat dari persamaan yang diperoleh maka dapat diketahui nilai koefisien Seebeck alat peraga yaitu sebesar 0,026 mV/°C yang artinya terjadi kenaikan sebesar 0,026 mV setiap kenaikan 1 °C. Hal ini seperti yang dijelaskan Ogungbe, dkk (2016:50), bahwa dalam termoelektrik terdapat sesuatu yang disebut koefisien seebeck. Koefisien Seebeck adalah sensitivitas termoelektrik dari masing-masing logam. Ionisasi energi secara langsung terkait dengan koefisien Seebeck. Semakin besar perbedaan antara koefisien Seebeck dari logam dipasangkan, semakin tinggi tegangan.

Hasil ini konsisten dengan apa yang diprediksi oleh teori Seebeck.

Hambatan Dalam

Setelah melakukan pengukuran tegangan Seebeck, pengukuran selanjutnya yaitu mengukur hambatan dalam. Hambatan dalam merupakan hambatan yang berada di dalam suatu sumber energi listrik. Alat peraga ini digunakan sebagai suatu sumber energi listrik sehingga untuk membuktikannya maka dilakukan pengukuran hambatan dalam. Pengukuran hambatan dalam dilakukan sesuai dengan skema pengukuran pada gambar 3 dan 4. Data hasil pengukuran hambatan dalam akan disajikan dalam tabel 4 berikut.

Tabel 4. Data Hambatan Dalam

ΔT (°C)	$\epsilon_{Seebeck}$	r_2 Saat $V_{r_2} = \frac{1}{2}$ $V_{Seebeck}$ (Ω)	r_d Alat Peraga (Ω)
1	2	3	4
20	0,10	0,01	4999,990
22	0,10	0,01	4999,990
24	0,13	0,01	4999,990
26	0,20	0,01	4999,990
28	0,20	0,01	4999,990
30	0,30	0,02	4999,985
32	0,30	0,02	4999,985
34	0,37	0,02	4999,980
36	0,40	0,02	4999,980
38	0,40	0,02	4999,980
40	0,47	0,02	4999,980
42	0,50	0,02	4999,975
44	0,50	0,02	4999,975
46	0,57	0,03	4999,970
48	0,60	0,03	4999,970
50	0,70	0,03	4999,970
52	0,77	0,03	4999,970
54	0,80	0,03	4999,970
56	0,83	0,03	4999,970
58	0,90	0,03	4999,970
60	1,00	0,03	4999,965

1	2	3	4
62	1,07	0,04	4999,960
64	1,13	0,04	4999,960
66	1,23	0,04	4999,960
68	1,30	0,04	4999,960
70	1,37	0,04	4999,960
72	1,40	0,04	4999,955
74	1,47	0,04	4999,955
76	1,53	0,05	4999,950
78	1,60	0,05	4999,950
80	1,60	0,05	4999,950

Tabel 4 menyajikan besar nilai hambatan dalam yang diperoleh relatif sama sehingga dilakukan perhitungan rata-rata hambatan dalam dengan nilai rata-rata yakni sebesar 4999,972 Ω dengan standar deviasi sebesar 0,013. Standar deviasi merupakan nilai yang menunjukkan sebaran data atau keragaman dalam sampel. Semakin kecil standar deviasinya maka semakin kecil keragaman data dalam sampel tersebut atau data tersebut relatif sama.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dipaparkan maka dapat disimpulkan bahwa besar nilai tegangan Seebeck yang diperoleh dipengaruhi oleh adanya perbedaan suhu antara kedua sambungan logam termoelektrik yaitu semakin besar perbedaan suhu, maka semakin besar pula nilai tegangan Seebeck yang dihasilkan. Adapun besar nilai tegangan Seebeck yang diperoleh pada sambungan pelat Aluminium dan Besi yakni sebesar 0,1 mV – 1,6 mV. Hambatan dalam yang dihasilkan alat peraga ini relatif tetap, yakni sebesar 4999,972 Ω . Koefisien Seebeck yang dihasilkan yaitu sebesar 0,026 mV/ $^{\circ}$ C.

DAFTAR RUJUKAN

Bueche , Frederick J., Eugene Hecht.

2006. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh*. Jakarta: Erlangga.
- Camalia, Fayeza, Hadi Susanto, dan Susilo. 2016. Pengembangan Audiobook Dilengkapi Alat Peraga Materi Getaran dan Gelombang Untuk Tunanetra Kelas VIII SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika*. Vol. 5 (2)
- Culp , Archie W.1996. *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Jakarta: Erlangga.
- Daryanto. 2002. *Pengetahuan Teknik Listrik*. Jakarta: PT Bumi Aksara
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga
- Jewett, John W, Jr. Dan Serway, Raymond A. 2010. *Fisika untuk Sains dan Teknik Buku 2 Edisi 6*. Jakarta: Salemba Teknika
- Krisanto, Agus dan Wiyanto, Yusman. 2016. Uji Kinerja Termokopel Ni-Cu dan Cu-Ni Ditinjau dari GGL (Gaya Gerak Listrik) Seebeck. *Jurnal*. Vol 5 (3)
- Ogungbe, A.S., O.O. Babalola, C.O. Ogabi, B.A. Idowu, E.O Onori, dan O.A Adejo. 2016. Analysis of The Seebeck Effect of Some Thermocouples. *Nature and Science Journal*. Vol 14 (9)
- Prasetyarini, Ayomi, Siska Desy Fatmaryanti, R. Wakhid Akhdinirwanto.2013. Pemanfaatan Alat Peraga IPA untuk Peningkatan Pemahaman Konsep Fisika pada Siswa SMP Negeri I Bulus Pesantren Kebumen Tahun Pelajaran 2012/2013. *Jurnal Radiasi* Vol. 2 (1)
- Soedjojo, Peter. 2004. *Fisika Dasar*. Yogyakarta: Andi
- Tipler, Paul A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

