

PROTOTYPE TERMOMETER BERBASIS TERMOELEKTRIK UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA MATERI SUHU DAN KALOR

Sugeng Riyadi*, Eko Suyanto, Ismu Wahyudi
Pendidikan Fisika FKIP Unila, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung
*e-mail: sugeng.ryd@gmail.com

***Abstract:** Prototype Thermometer Based on Thermoelectric for Physics Learning of Temperature and Heat Topics. The purpose of this research development is to elaborate thermometer based on thermoelectric along with the user manual for physics learning of temperature and heat topics. Development stages of thermoelectric thermometer include needs analysis, identification of sources power, identification of product specifications, product development, product testing, and the final production in prototype form. Based on the test results that have been done, it is known that thermoelectric thermometer has specifications; 2.20% precision, stray 0.48, sensitivity of 0.62 ° C / mV, and a measuring range of 25°C-95°C. The results of the feasibility test of thermoelectric thermometer and user manual showed that the product is proper to use as an alternative temperature measuring device with a score of 3.8 on the physical eligibility test and a score of 3.3 on the test design experts.*

Abstrak: Prototipe Termometer Berbasis Termoelektrik untuk Pembelajaran Fisika Materi Suhu dan Kalor. Tujuan dari penelitian pengembangan ini adalah mengembangkan termometer berbasis termoelektrik beserta petunjuk penggunaan untuk pembelajaran fisika materi suhu dan kalor. Tahapan pengembangan termometer termoelektrik beserta petunjuk penggunaannya meliputi analisis kebutuhan, identifikasi sumber daya, identifikasi spesifikasi produk, pengembangan produk, uji produk, dan produksi akhir dalam bentuk prototipe. Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan, diketahui spesifikasi termometer termoelektrik yaitu; ketelitian alat 2,20 %, sesatan 0,48, sensitivitas 0,62 °C/mV, dan rentang ukur 25°C-95°C. Hasil uji kelayakan termometer termoelektrik dan petunjuk penggunaan menyatakan bahwa produk layak untuk digunakan sebagai termometer alternatif dengan skor 3,8 pada uji kelayakan fisik dan skor 3,3 pada uji ahli desain.

Kata kunci: pengembangan, termoelektrik, termometer

PENDAHULUAN

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dikembangkan oleh manusia dengan tujuan memahami gejala alam, untuk memprediksi masa depan guna mencapai kehidupan yang lebih baik. Fatonah (2014: 43) menyatakan fisika sebagai bagian dari IPA mengkaji perilaku, struktur dan interaksi benda secara empirik, oleh sebab itu dalam pembelajaran fisika seharusnya dimulai dengan pengamatan yang melibatkan fenomena dan gejala alam yang berkaitan dengan materi fisika yang akan diajarkan. Akan tetapi, masih ada pembelajaran fisika dilakukan dengan

cara tekstual, dengan meminta siswa menghafal rumus-rumus yang ada di dalam buku. Hal ini menyebabkan tugas belajar siswa menjadi lebih berat karena menitikberatkan pada konsep dan mengesampingkan fakta. Akibatnya siswa kehilangan kesempatan untuk memperoleh pengalaman belajar secara empirik, dan pembelajaran fisika menjadi kurang menarik.

Metode praktikum sebagai salah satu strategi dalam pembelajaran yang dapat memberikan pengalaman empirik kepada siswa. Metode praktikum menerapkan pembelajaran yang ber-

pusat pada peserta didik, dengan peran guru lebih sebagai fasilitator daripada mengajar langsung. Keberhasilan penggunaan metode praktikum dalam pembelajaran dipengaruhi dengan tersedianya peralatan praktikum yang memadai.

Menurut Siahaan dan Suyana (2010: 3), Pentingnya metode praktikum menuntut guru mengoptimalkan fungsinya. Yaitu sebagai; 1), fasilitator untuk mengembangkan kemampuan merencanakan, mengembangkan, menggunakan, dan mengelola, 2) Motivator, untuk mengembangkan kemampuan menunjukan fenomena aktual dan konseptual, merangsang dan mengarahkan keingintahuan siswa, dan memelihara keingintahuan siswa.

Peralatan praktikum untuk kepentingan pembelajaran fisika tersedia dalam bentuk Kotak Instrumentasi Terpadu (KIT). Pada kenyataannya KIT yang lengkap tidak dimiliki oleh setiap sekolah, terutama untuk sekolah-sekolah yang terletak di daerah.

Suhu dan kalor sebagai salah satu materi pokok yang dipelajari dalam pembelajaran fisika di sekolah dikembangkan berdasarkan percobaan. Keberhasilan dalam menampilkan fenomena pada pembelajaran materi suhu dan kalor menggunakan metode praktikum sangat tergantung pada alat ukur suhu atau termometer yang digunakan. Saat ini alat ukur suhu yang digunakan adalah termometer alkohol atau raksa, dan termometer tersebut memiliki berbagai kelemahan diantaranya pipa kapiler mudah pecah, raksa bersifat racun, sehingga berbahaya bagi keselamatan peserta didik. Selain itu kelemahan terutama pada pembacaan skala karena masih berbentuk manual dengan pengamatan langsung, sehingga rentan terjadi

kesalahan acak dalam pembacaan hasil dari pengukuran.

Menurut Sutjahja (2011: 2) bahan termoelektrik adalah bahan unik yang dapat mengkonversi energi panas menjadi energi listrik atau sebaliknya, tanpa menghasilkan gas beracun karbondioksida maupun polutan lain seperti elemen logam berat. Sedangkan menurut Putra (2009: 2) termoelektrik dipengaruhi oleh dua efek, yaitu efek seebeck dan efek peltier.

Ramdini (2014: 3) menjelaskan konsep seebeck sebagai efek dari dua buah material logam yang tersambung berada di lingkungan dengan dua temperatur berbeda, maka di material tersebut akan mengalir arus listrik atau gaya gerak listrik. Sedangkan efek peltier adalah kebalikan dari efek seebeck apabila dua buah logam direkatkan kemudian dialirkan listrik maka di antara kedua sisi logam tersebut terjadi gradien suhu.

Berdasarkan sifat-sifat yang dimiliki, dalam perkembangannya elemen termoelektrik menurut Sukur (2011: 4) terbagi menjadi dua jenis berdasarkan kegunaannya. Bahan termoelektrik sebagai pendingin yaitu *Thermoelectric Cooler* dan sebagai pembangkit listrik atau generator, *Thermoelectric Generator*.

Pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*) atau TEC adalah komponen elektronika yang menggunakan efek Peltier untuk membuat aliran panas (*heat flux*) pada percabangan (*junction*) antara dua jenis material yang berbeda. Komponen ini bekerja sebagai pompa panas aktif dalam bentuk padat yang memindahkan panas dari satu sisi ke sisi permukaan lainnya yang berseberangan, dengan konsumsi energi elektrik tergantung pada arah aliran arus listrik. Sedangkan *Thermoelectric generator* atau TEG

adalah suatu pembangkit listrik yang didasarkan pada efek Seebeck. Struktur TEG yang terdiri dari suatu susunan elemen tipe-n (material dengan kelebihan elektron) dan tipe-p (material dengan kekurangan elektron). Panas masuk pada satu sisi dan dibuang dari sisi yang lainnya, menghasilkan suatu tegangan yang melewati sambungan termoelektrik. Besarnya tegangan yang dihasilkan sebanding dengan gradien temperatur (Levy, 2013: 71).

Purwanti (2012: 4) menyatakan pengukuran adalah kegiatan atau upaya yang dilakukan untuk memberikan angka-angka pada suatu gejala atau peristiwa atau benda, sehingga hasil pengukuran akan selalu berupa angka. Dalam melakukan dan menyajikan hasil pengukuran pula harus memperhatikan ketidakpastian pengukuran, kesalahan pengukuran dan aturan angka penting agar hasil pengukuran yang diperoleh akurat.

Secara umum sistem pengukuran menurut Beckwith (2005: 681) dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu: 1) tahap detektor (*transducer*), 2) Tahap pengkondisian sinyal (*intermediate*) dan 3) Tahap pembacaan (*display*). Karakteristik instrumen ukur menurut Sujarwata (2011: 15) ditentukan berdasarkan spesifikasi yang dimiliki, seperti ketelitian, rentang ukur, sensitivitas dan sesatan. Ketelitian adalah kemampuan dari alat ukur untuk memberikan indikasi pendekatan terhadap harga sebenarnya terhadap objek yang diukur. Ketelitian dari sebuah alat ukur ditentukan dengan cara kalibrasi pada kondisi tertentu dan dapat diekspresikan dalam bentuk *plus-minus* atau presentasi dalam skala tertentu atau pada titik pengukuran yang spesifik. Rentang ukur adalah besarnya pengukuran mutlak suatu alat ukur atau nilai batas bawah dan batas

atas nilai besaran yang dapat diukur. Sensitivitas merupakan rasio antara perubahan pada *output* terhadap perubahan *input*. Pada alat ukur yang linier, sensitivitas adalah tetap. Dalam beberapa hal harga sensitivitas yang besar menyatakan pula keunggulan dari alat ukur yang bersangkutan. Sesatan dari sebuah alat ukur menurut Nyeneng (2011: 14) merupakan nilai yang menunjukkan besar pergeseran maksimum dari skala yang harus ditunjuk. Semakin kecil nilai sesatan suatu alat ukur maka semakin baik alat ukur tersebut.

TEC 12706 sebagai salah satu produk termoelektrik yang tersedia di pasaran, memiliki kemampuan mengkonversi energi panas menjadi energi listrik atau sebaliknya. Oleh karena itu peneliti mengembangkan termometer digital dengan memanfaatkan TEC 12706 sebagai termometer alternatif yang dapat digunakan untuk keperluan pembelajaran.

METODE

Metode penelitian ini yaitu *research and development* atau penelitian pengembangan. Pengembangan yang dilakukan adalah pembuatan termometer berbasis termoelektrik beserta petunjuk penggunaan (*user manual*).

Penelitian ini menggunakan metode penelitian yang mengacu pada prosedur pengembangan media intruksional pembelajaran menurut Suyanto (2009: 322). Penulis memilih prosedur pengembangan menurut Suyanto (2009: 322) karena penulis menilai metode ini praktis dan efektif dalam penerapannya untuk mengembangkan produk termometer termoelektrik. Produk yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi termometer

alternatif untuk membelajarkan fisika materi suhu dan kalor di sekolah.

Model pengembangan tersebut meliputi enam prosedur pengembangan produk dan uji produk, yaitu; 1) analisis kebutuhan, 2) identifikasi sumber daya untuk memenuhi kebutuhan, 3) identifikasi spesifikasi produk yang diinginkan pengguna, 4) pengembangan produk, 5) uji produk, dan 6) produksi. Teknik Analisis data angket pada penelitian ini adalah dengan cara menganalisis angket uji ahli desain, menganalisis angket kelayakan dan keterpenuhan spesifikasi produk yang dikembangkan. Angket uji validasi ahli digunakan untuk menguji kesesuaian isi pada produk, yaitu prototipe termometer berbasis termoelektrik beserta petunjuk penggunaan. Instrumen penilaian uji ahli desain dan kelayakan fisik, memiliki 2 pilihan jawaban sesuai konten pertanyaan, yaitu “ya” dan “tidak”. Uji spesifikasi produk untuk menguji apakah spesifikasi produk termometer berbasis termoelektrik telah terpenuhi sesuai dengan telah diidentifikasi sebelumnya dilakukan dengan cara menganalisa data hasil pengukuran suhu menggunakan termometer termoelektrik. Uji yang kenakan yaitu untuk mengetahui sensitivitas, sesatan, ketelitian, rentang ukur dari termometer berbasis termoelektrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil utama dari pengembangan ini adalah berupa alat ukur suhu atau termometer digital berbasis termoelektrik yang dilengkapi dengan petunjuk penggunaan (*user manual*). Adapun secara rinci hasil dari setiap tahapan prosedur pengembangan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

Analisis kebutuhan dilakukan dengan observasi dari berbagai sumber,

baik media internet dan pengamatan secara langsung bahwa pada penggunaan termometer raksa maupun alkohol dalam pembelajaran fisika ditemukan permasalahan alat ukur suhu yang digunakan memiliki kelemahan-kelemahan, yaitu raksa bersifat racun, pipa kaca yang digunakan mudah pecah sehingga berbahaya serta proses pembacaan hasil pengukuran masih dengan cara pengamatan langsung, sehingga rentan terjadi kesalahan acak. Setelah dilakukan penelitian studi pustaka dan lapangan mengenai kelemahan termometer raksa dan alkohol, kegiatan dilanjutkan dengan mencari solusi untuk masalah tersebut di atas. Pada tahap ini ditemukan bahan termoelektrik tipe TEC 12706.

Dalam memenuhi analisis kebutuhan yang telah diungkapkan sebelumnya, dilakukan dengan menginventarisir sumber daya yang dimiliki. Pada tahap identifikasi sumber daya ini untuk melihat kemungkinan pengembangan termometer beserta petunjuk penggunaan (*user manual*) untuk kepentingan pembelajaran materi suhu dan kalor. Berdasarkan hasil observasi terhadap kinerja alat termoelektrik TEC 12706, diperoleh bahwa TEC 12706 memiliki kemampuan sebagai sensor, yaitu menghasilkan arus listrik searah dengan nilai tertentu apabila terjadi gradien diantara kedua sisi TEC 12706. Berdasarkan sifat itulah maka peneliti telah mengembangkan termometer berdasarkan prinsip termoelektrik untuk kepentingan pembelajaran.

Setelah melakukan dua tahap sebelumnya, didasari oleh analisis kebutuhan dan identifikasi sumber daya ditentukan bahwa produk yang akan dikembangkan yaitu termometer berbasis termoelektrik beserta petunjuk penggunaan (*user manual*).

Tabel 1. Identifikasi Spesifikasi Produk

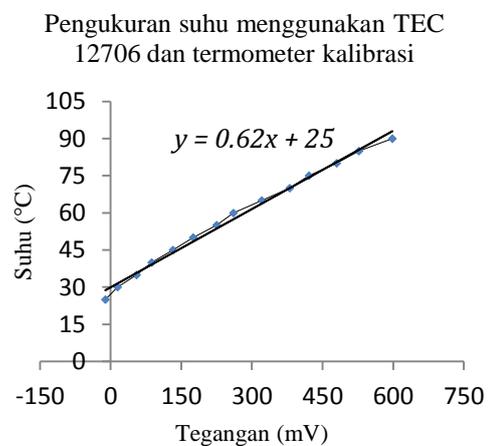
| No. | Produk | Spesifikasi |
|-----|--|--|
| 1. | Termometer termoelektrik | <ul style="list-style-type: none"> - Dapat memberikan data yang akurat terhadap perubahan suhu - Mampu menampilkan hasil pengukuran secara digital - Mampu menampilkan secara bersamaan empat jenis satuan suhu hasil dari pengukuran |
| 2. | Petunjuk Penggunaan (<i>user manual</i>) | <ul style="list-style-type: none"> - Memberikan informasi tentang termometer termoelektrik - Memberikan petunjuk penggunaan alat serta petunjuk untuk praktikum materi suhu dan kalor |

Berdasarkan ketersediaan sumber daya yang dimiliki, teridentifikasi produk yang akan dikembangkan dengan spesifikasi pada tabel 1. Tahap selanjutnya adalah pengembangan produk. Pengembangan produk dilakukan dengan pembuatan termometer berbasis termoelektrik untuk materi suhu dan kalor beserta petunjuk penggunaan (*user manual*). Pembuatan termometer termoelektrik dengan TEC 12706 didasari pada desain alat yang direncanakan, meliputi; 1) pembuatan *probe* sensor, 2) bagian *intermediate*, 3) pengembangan mikrokontroler dan, 4) bagian *display*. Termometer termoelektrik yang dihasilkan tampak seperti pada gambar 1. Selanjutnya termometer berbasis termoelektrik yang telah dikembangkan diuji kinerjanya dalam pengukuran suhu air.

Hasil pengukuran selanjutnya digunakan untuk menentukan kalibrasi alat dan spesifikasinya. Kalibrasi terhadap alat ukur suhu yang dikembangkan berdasarkan persamaan yang diperoleh dari hasil pengukuran suhu TEC 12706 dengan data hasil pengukuran dengan termometer kalibrasi. Kalibrasi termometer termoelektrik ditampilkan dalam gambar 2. Pengembangan selanjutnya adalah petunjuk penggunaan alat (*user manual*) sebagai kelengkapan alat ukur suhu disusun setelah alat ukur suhu termoelektrik selesai dibuat. Bagian-bagian petunjuk penggunaan alat (*user manual*) meliputi; 1) sampul, 2) pengantar, 3) spesifikasi alat, 4) petunjuk penggunaan, 5) perawatan, dan 6) contoh penggunaan.



Gambar 1. Termometer Termoelektrik Dengan TEC 12706



Gambar 2. Grafik Kalibrasi Termometer Termoelektrik

Tabel 2. Hasil Uji Kelayakan Fisik

| No. | Aspek Penilaian | Saran Perbaikan |
|-----|-----------------------------|---|
| 1. | Bentuk Fisik | Ukuran produk maupun kotak <i>box</i> agar dibuat dengan ukuran yang kecil |
| 2. | Kinerja Komponen | Agar menjaga suhu pada sisi dingin pada sensor TEC selalu tetap |
| 3. | Keakuratan alat | Lakukan pengukuran lebih teliti dengan jumlah pengulangan lebih banyak |
| 4. | Ketahanan alat | Agar <i>casing</i> produk dilapisi dengan bahan tahan air (cat minyak) |
| 5. | Efisiensi alat | Produk dapat langsung digunakan untuk mengukur suhu sesaat setelah tombol ON dihidupkan |
| 6. | Keamanan bagi peserta didik | Agar semua komponen elektronika ditutup dengan <i>casing</i> yang aman bagi siswa |
| 7. | Estetika | Lapisi <i>casing</i> dengan vernis mengkilap, dan berikan cat berwarna cerah |

Tabel 3. Hasil Uji Ahli Desain

| No. | Aspek Penilaian | Saran Perbaikan |
|-----|-----------------|---|
| 1. | Desain | Pada cover petunjuk penggunaan (<i>user manual</i> dijilid spiral hendaknya di jilid dengan <i>softcover</i> |
| 2. | Tipografi | Letak teks dan ilustrasi pada petunjuk penggunaan (<i>user manual</i>) tidak berdekatan |
| 3. | Ilustrasi | Agar ilustrasi pada <i>box</i> dan <i>cover</i> petunjuk penggunaan menggunakan gambar asli |

Pada tahap selanjutnya yaitu uji produk, yang merupakan uji kelayakan termometer berbasis termoelektrik disertai petunjuk penggunaan alat (*user manual*) yang telah dikembangkan. Kelayakan alat termometer berbasis termoelektrik diuji keterpenuhan spesifikasinya melalui serangkaian pengukuran suhu air yang telah dilakukan. Hasil analisis uji spesifikasi produk termometer termoelektrik meliputi sesatan, ketelitian dan rentang kerjatermometer dapat diamati pada tabel 4. Sedangkan pada uji kelayakannya oleh ahli desain dan fisik hasilnya menyatakan bahwa produk layak untuk digunakan sebagai alat ukur suhu alternatif dengan skor 3,8

pada uji kelayakan fisik dan skor 3,3 pada uji ahli desain dengan perbaikan seperti pada tabel 2 dan tabel 3. Setelah mengalami uji spesifikasi dan uji kualitas produk, maka prototipe I telah mendapat saran-saran perbaikan dari ahli materi dan ahli desain dan telah dihasilkan prototipe II. Produk akhir hasil pengembangan berupa prototipe termometer berbasis termoelektrik beserta petunjuk penggunaannya (*user manual*).

Sesuai dengan prinsip sebuah sistem pengukuran menurut Beckwith (2005: 681) menyatakan bahwa untuk sebuah instrumen pengukur besaran minimal memiliki tiga tahap;

Tabel 4. Spesifikasi Termometer Termoelektrik Dengan TEC 12706

| No. | Kategori | Nilai |
|-----|---------------|-------------|
| 1. | Sensitivitas | 0,62°C/mV |
| 2. | Sesatan | 0,48 |
| 3. | Ketelitian | 2,20 % |
| 4. | Rentang kerja | 25°C - 90°C |

yaitu bagian *sensor* kemudian bagian *intermediate* dan bagian pembacaan. Oleh karena itu maka pada pengembangan termometer termoelektrik ini menghasilkan bagian-bagian utama yaitu *sensor*, *intermediate* dan *display*. Hasil pengembangan bagian *sensor* terbuat dari lempengan Aluminium berbentuk persegi panjang dengan ukuran 150x40x2 mm³, dipilih logam aluminium karena logam ini memiliki kemampuan menghantarkan panas yang baik (nilai konduktivitas termal aluminium $2,1 \times 10^{-1} \text{ J.m}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{K}^{-1}$) dan relatif tahan terhadap korosi saat bersentuhan dengan zat air. Pengembangan *sensor* ini merupakan penyesuaian dari bentuk yang sebelumnya terbuat dari bahan tembaga dan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 1 mm serta panjang 150 mm. Bagian selanjutnya adalah *intermediate* berupa TEC 12706, hasil pengembangan bagian *intermediate* berupa rangkaian antara TEC 12706, *heatsink* dan kipas 5 volt. *Heatsink* dan kipas 5 Volt berguna menjaga sisi tetap pada TEC 12706 agar memiliki suhu konstan. Bagian ketiga yaitu *display*, yang merupakan rangkaian antara Arduino Uno R dan LCD 16x2, pada bagian Arduino dilakukan kegiatan *editing script* dan *upload* agar Arduino dapat membaca sinyal yang masuk dari bagian *intermediate* dan menampilkan pada layar LCD.

Pada uji produk, spesifikasi diperoleh melalui serangkaian percobaan, yaitu mengukur suhu air menggunakan termometer termoelektrik sebanyak tiga kali pengulangan pengukuran sebagai syarat bahwa data yang diperoleh dapat dianalisa dengan kaidah statistika, pengukuran harus diulangi sebanyak $N \geq 3$ kali. Pada pengukuran suhu air dengan menggunakan termometer termoelektrik terlihat sifat termometrik dari TEC 12706 yaitu semakin besar gradien suhu antara kedua sisinya maka arus listrik yang dihasilkan semakin besar, hal ini sesuai dengan penelitian Wirawan (2012: 43) mengenai kinerja bahan termoelektrik TEC 12706, yang menyatakan bahwa kinerja bahan termoelektrik sangat dipengaruhi oleh ΔT . Semakin besar nilai ΔT maka semakin besar pula tegangan keluaran yang dihasilkan.

Selanjutnya analisa hasil yang diperoleh dalam pengukuran tersebut untuk mengetahui ketelitian, sesatan, sensitivitas dan rentang ukur yang dimiliki termometer termoelektrik yang dikembangkan dan kalibrasi. Hasilnya, ketelitian dari termometer termoelektrik adalah 2,20 %. Dari nilai ketelitian alat yang diperoleh <5% maka bisa dikatakan termometer termoelektrik dapat digunakan sebagai instrument alternatif pengukur salah satu besaran fisika yaitu besaran suhu. Sedangkan sesatan terbesarnya adalah 0,48 dimana setiap digunakan dalam pengukuran termometer termoelektrik dapat melakukan simpangan terbesar dari harga sebenarnya yaitu sebesar 0,48. Sensitivitas alat ukur ini adalah 0,62 °C/mV yang artinya pada setiap perubahan suhu 1 °C mengakibatkan perubahan tegangan DC yang dihasilkan dari sensor TEC 12706 sebesar 0,62 milivolt, nilai tersebut sesuai dengan hasil pengukuran yang

dilakukan mengenai kinerja bahan TEC 12706 menunjukkan bahwa setiap kenaikan suhu per 1°C rata-rata menghasilkan kenaikan tegangan sebesar 0,62 milivolt. Rentang ukur pada termometer termoelektrik ini adalah antara 25°C sampai 90°C. Rentang ukur ini diperoleh dari sifat linieritas yang dihasilkan dari pengambilan data pada percobaan. Termometer termoelektrik ini tidak mampu mengukur suhu dibawah 25°C karena prinsip kerja termometer ini adalah mengandalkan gradien suhu (ΔT) antara kedua sisi TEC 12706. Apabila kedua sisinya memiliki suhu $\leq 25^\circ\text{C}$ maka gradien suhu yang dihasilkan adalah nol atau bernilai negatif dan tidak dapat terbaca oleh mikrokontroler, hal tersebut sesuai dengan *datasheet* dari TEC 12706 yang hanya mengijinkan sisi panas minimum yang diperbolehkan adalah 25°C. Pada kegiatan kalibrasi yang dilaksanakan dengan membandingkan hasil pengukuran suhu menggunakan termometer termoelektrik yang dikembangkan dengan hasil pengukuran suhu menggunakan termometer kalibrasi diketahui nilai Faktor kalibrasi (f_k) dari termometer termoelektrik yang dikembangkan adalah 1,02. Nilai faktor kalibrasi alat memenuhi nilai toleransi yang diijinkan, yaitu terletak antara 0,8-1,2.

Kelebihan dari produk termometer termoelektrik ini diantaranya adalah; 1) Penampil hasil pengukuran sudah dalam bentuk digital dan mampu menampilkan hasil pengukuran suhu dalam tiga satu sekaligus, yaitu Celsius, Fahrenheit dan Reamur, 2) Merupakan varian baru alat ukur suhu yang di dalamnya menggunakan prinsip termoelektrik, 3) lebih ekonomis dibandingkan dengan termometer digital yang dijual di pasaran.

Kelemahan dari produk ini terletak pada jenis bahan yang mampu diukur dengan baik, yaitu hanya mampu mengukur suhu cairan atau fluida yang tidak menyebabkan korosif pada *probe* aluminium. Rentang ukur dari produk termometer ini relatif sempit dibandingkan dengan termometer alkohol dan air raksa.

SIMPULAN

Simpulan dari pengembangan ini adalah; 1) Dihasilkan sebuah produk berupa termometer berbahan termoelektrik dan disertai petunjuk penggunaan (*user manual*) yang dapat digunakan untuk mengukur suhu cairan atau fluida dalam percobaan di kelas terutama untuk pembelajaran materi suhu dan kalor, 2) Produk termometer berbahan termoelektrik dan disertai petunjuk penggunaan layak digunakan sebagai alat ukur suhu dalam membelajarkan fisika materi suhu dan kalor dengan skor 3,8 pada uji kelayakan fisik dan skor 3,3 pada uji ahli desain, 3) Termometer berbahan termoelektrik diketahui memiliki spesifikasi ketelitian (2,20 %), sesatan (0,48), sensitivitas (0,62 °C/mV) dan rentang ukur 25°C - 90°C.

DAFTAR RUJUKAN

- Beckwith. 2005. *Error in Measurement*. [Online]. *Orig Journal of Science*, Volume 3, No. 681, Available: <http://www.regentsprep.org>. [24st of February 2015]
- Fatonah, Siti dan Prasetyo. 2014. *Pembelajaran Sains*. Yogyakarta: Penerbit Ombak.
- Levy, George. 2013. Thermoelectric Effect Under Adiabatic Conditions. *Entropy Journal*. (Online), Volume 14, No. 71. (<http://www.mdpi.com/1099-4300/14>), diakses 20 April 2015.

- Nyeneng, I Dewa Putu. 2011. *Pengelolaan Laboratorium IPA*. Bandarlampung: Universitas Lampung.
- Purwanti, Endang. 2012. *Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Putra, Nandy. 2009. Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik untuk Kendaraan Hybrid. *Jurnal MAKARA TEKNOLOGI*. (Online), Volume 13, No. 2, (<http://www.journal.ui.ac.id>), diakses 20 Mei 2015.
- Ram dini, Intan D.N. 2014. Thermoelectric Generator. *Indonesian Journal of materials science*. (Online), Vol. 47, No. 120, (<http://www.journal.batan.go.id>), diakses 20 April 2015.
- Siahaan, Parsaoran dan Iyon Suyana. 2010. *Hakikat Sains Dan Pembelajarannya (Disampaikan Dalam Pelatihan Guru Mipa Papua Barat Tahun 2010)*. Bandung: UPI.
- Sujarwata. 2011. *kalibrasi alat ukur*. (Online), (www.batan.go.id/pusdiklat/elearning/pengukuran_radiasi/proteksi/_05.htm). diakses 4 April 2015.
- Sukur, Edi. 2011. *Melirik Teknologi Termoelektrik sebagai Sumber Energi Alternatif*. (Online), (<http://www.energi.lipi.go.id/utama.cgi>), diakses 8 Juni 2015.
- Sutjahja, M. Inge. 2010. Penelitian Bahan Termoelektrik Bagi Aplikasi Konversi Energi dimasa Datang. *Jurnal Maerial dan Energi Indonesia*. (Online). Vol. 01, No. 01, (<http://jmei.phys.unpad.ac.id>) diakses 17 Mei 2015.
- Suyanto, Eko. 2009. Pengembangan Contoh Lembar Kerja Fisika Siswa dengan Latar Penuntasan Bekal Awal Ajar Tugas Studi Pustaka dan Keterampilan Proses untuk SMA Negeri 3 Bandar Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan 2009*. Bandarlampung: Unila.
- Wirawan, Rio. 2012. *Analisa Penggunaan Heat Pipe pada Termoelektrik Generator*. Skripsi tidak diterbitkan. Jakarta: Universitas Indonesia.