

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Penelitian dan Pengembangan**

Dalam bidang pendidikan, penelitian dan pengembangan atau yang dikenal dengan istilah *Research and Development (R&D)*, merupakan model penelitian yang banyak digunakan dalam pengembangan pendidikan.

Sugiyono (2010: 407) mengungkapkan bahwa:

Metode penelitian dan pengembangan merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut.

Sedangkan menurut Gay (1990: 10) mengungkapkan bahwa:

Penelitian dan Pengembangan merupakan suatu usaha untuk mengembangkan suatu produk yang efektif untuk digunakan di sekolah, dan bukan untuk menguji teori.

Adapun menurut Van den Akker dan Plomp (2008: 407) mendeskripsikan penelitian pengembangan berdasarkan dua tujuan, yaitu pengembangan prototipe produk dan perumusan saran-saran metodologis untuk pendesainan dan evaluasi prototipe produk tersebut.

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa metode penelitian dan pengembangan merupakan metode penelitian yang digunakan untuk membuat atau menghasilkan produk tertentu kemudian produk tersebut divalidasi dan diuji keefektifannya.

Untuk keperluan penelitian dan pengembangan, seorang peneliti harus memenuhi langkah-langkah prosedural yang digambarkan dalam sebuah alur dari awal sampai akhir.

1. Prosedur pengembangan menurut *Borg and Gall* (1983: 784)
  - a. Melakukan penelitian pendahuluan untuk mengumpulkan informasi , identifikasi permasalahan yang dijumpai dalam pembelajaran.
  - b. Melakukan perencanaan (identifikasi dan definisi keterampilan, perumusan tujuan, penentuan urutan pembelajaran, uji ahli atau uji coba skala kecil).
  - c. Mengembangkan bentuk/jenis produk awal, meliputi; penyiapan materi pembelajaran, penyusunan buku pegangan, dan perangkat evaluasi.
  - d. Melakukan uji coba lapangan tahap awal. Dilakukan terhadap 2-3 sekolah menggunakan 6-10 subjek ahli. Pengumpulan informasi/data menggunakan observasi, wawancara, angket dan dilanjutkan dengan analisis data.

- e. Melakukan terhadap produk utama, berdasarkan masukan dari hasil uji lapangan awal.
- f. Melakukan uji lapangan utama, dilakukan terhadap 3-5 sekolah, dengan 30-80 subjek. Tes/penilaian hasil belajar siswa dilakukan sebelum dan sesudah proses pembelajaran.
- g. Melakukan revisi terhadap produk operasional, berdasarkan masukan dari hasil uji lapangan utama.
- h. Melakukan uji lapangan operasional (dilakukan terhadap 10-30 sekolah, melibatkan 40-200 subyek), data dikumpulkan melalui wawancara, observasi, dan kuesioner.
- i. Melakukan revisi terhadap produk akhir, berdasarkan saran dalam uji coba lapangan.
- j. Mendesiminasikan dan mengimplementasikan produk, melaporkan dan menyebarluaskan produk melalui pertemuan dan jurnal ilmiah, bekerjasama dengan penerbit untuk sosialisasi produk untuk komersial, dan memantau distribusi dan kontrol kualitas.

2. Prosedur pengembangan media instruksional menurut Suyanto (2009: 322)

memuat tujuh langkah, yaitu:

a. Analisis kebutuhan

Analisis kebutuhan dapat dilakukan dengan cara melakukan observasi untuk mendapatkan informasi bahwa diperlukan adanya pengembangan.

b. Identifikasi sumber daya untuk memenuhi kebutuhan

Identifikasi sumber daya untuk memenuhi kebutuhan telah dilakukan dengan menginventarisir segala sumber daya yang dimiliki, baik sumber daya guru maupun sumber daya sekolah yaitu perpustakaan dan laboratorium

c. Identifikasi spesifikasi produk

Identifikasi spesifikasi produk dilakukan untuk mengetahui ketersediaan sumber daya yang mendukung pengembangan produk, dengan memperhatikan hasil analisis kebutuhan dan identifikasi sumber daya yang dimiliki.

d. Pengembangan produk

Tahap selanjutnya yaitu pengembangan produk, pada tahap ini dilakukan pembuatan produk berdasarkan spesifikasi produk yang telah dibuat sebelumnya.

e. Uji internal (Uji kelayakan produk)

Uji kelayakan dilakukan oleh ahli, baik desain maupun ahli materi.

Pada tahap ini saran dan masukan dari penguji mengenai produk dijadikan pedoman untuk melakukan penyempurnaan produk, sebelum dilanjutkan ketahap berikutnya.

f. Uji eksternal (Uji kemanfaatan produk)

Uji eksternal dilakukan untuk mengetahui kemanfaatan produk dalam pembelajaran. Uji eksternal dikenakan pada siswa pada lembaga pendidikan lebih luas yang dijadikan sebagai objek observasi.

g. Produksi

Tahap terakhir adalah produksi, dapat dilakukan apabila produk telah dinyatakan efektif melalui beberapa pengujian dan selanjutnya dapat diterapkan pada setiap lembaga pendidikan.

3. Prosedur pengembangan menurut Sugiyono (2010: 407), dijelaskan sebagai berikut:

a. Potensi dan masalah

Potensi adalah segala sesuatu yang apabila didayagunakan akan memiliki nilai tambah. Sedangkan masalah dapat dijadikan potensi apabila kita dapat mendayagunakannya.

b. Mengumpulkan informasi

Setelah potensi dan masalah ditunjukkan secara faktual, dan *up to date* selanjutnya perlu dikumpulkan berbagai informasi yang dapat digunakan sebagai bahan untuk perencanaan produk yang diharapkan dapat mengatasi masalah tersebut.

c. Desain produk

Produk yang dihasilkan dalam penelitian dan pengembangan bermacam-macam. Dalam bidang teknologi, orientasi produk teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia adalah produk yang berkualitas, ergonomis dan bermanfaat ganda.

d. Validasi desain

Merupakan suatu kegiatan untuk menilai apakah rancangan produk , dalam hal ini metode mengajar baru secara rasional akan lebih efektif dari yang lama atau tidak. Dikatakan secara rasional, karena validasi disini masih bersifat penilaian berdasarkan pemikiran rasional, belum berdasarkan fakta lapangan.

e. Perbaiki desain

Yang bertugas memperbaiki desain adalah peneliti yang akan menghasilkan produk yang lebih bagus.

f. Uji coba produk

Dalam bidang pendidikan, desain produk seperti metode mengajar baru langsung diuji coba, setelah divalidasi dan revisi.

g. Revisi produk

Setelah pengujian terhadap produk berhasil, dan mungkin ada revisi yang tidak terlalu penting selanjutnya produk yang berupa metode mengajar baru diterapkan dalam lingkup pendidikan yang luas.

h. Uji coba pemakaian

Pengujian efektifitas metode mengajar baru pada sampel yang terbatas tersebut menunjukkan bahwa metode mengajar baru lebih efektif daripada metode lama.

i. Revisi produk

Dilakukan apabila dalam pemakaian dalam lembaga pendidikan terdapat kekurangan dan kelemahan. Dalam uji pemakaian sebaiknya pembuat produk selalu mengevaluasi bagaimana kinerja produk.

j. Pembuatan produk massal

Apabila produk baru tersebut telah dinyatakan efektif melalui berbagai pengujian, maka dapat diproduksi secara massal dan dapat diterapkan disetiap lembaga pendidikan.

## **B. Prorotipe**

Kata prototipe berasal dari bahasa latin, yaitu kata *proto* yang berarti asli, dan *typus* yang berarti bentuk atau model. Dalam konteks non-teknis, prototipe adalah contoh khusus sebagai wakil dari kategori tertentu. Dalam berbagai keperluan, terutama pada bidang desain produksi pembuatan prototipe menjadi

sangat penting, karena prototipe ini yang nantinya akan menjadi model dasar dan acuan dalam produksi yang lebih besar.

Sedangkan menurut Wikipedia (2014), dijelaskan:

Purwarupa (bahasa Inggris: *prototype*) atau arketipe adalah bentuk awal (contoh) atau standar ukuran dari sebuah entitas. Dalam bidang desain, sebuah prototipe dibuat sebelum dikembangkan atau justru dibuat khusus untuk pengembangan sebelum dibuat dalam skala sebenarnya atau sebelum diproduksi secara massal.

Berdasarkan pengertian diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa prototipe adalah model kerja dasar dari pengembangan sebuah produk. Sebelum produk dikembangkan lebih lanjut dan diproduksi secara massal.

Secara garis besar prototipe dibagi menjadi empat kategori dasar, yaitu:

1. *Proof of Principle Prototype (Model)*

Jenis prototipe ini digunakan untuk menguji beberapa aspek dari desain tanpa mencoba mensimulasikan persis tampilan visual. prototipe tersebut dapat digunakan untuk membuktikan pendekatan desain yang potensial seperti gerakan, mekanika, sensor, arsitektur.

2. *Form Study Prototype (Model)*

Jenis prototipe akan memungkinkan desainer untuk mengeksplorasi dasar ukuran, tampilan dan nuansa dari suatu produk tanpa simulasi fungsi aktual atau tampilan visual yang tepat dari produk. Mereka dapat membantu menilai faktor ergonomis dan memberikan wawasan tentang aspek visual dari bentuk final produk.

### 3. *Visual Prototype (Model)*

*Visual Prototype* akan menangkap estetika warna dan tekstur permukaan dari produk yang dimaksudkan tetapi tidak akan benar-benar mewujudkan fungsi dari produk akhir.

### 4. *Functional Prototype (Model)*

Prototipe secara lebih luas praktis, berusaha untuk mensimulasikan rancangan akhir, estetika, bahan dan fungsi dari desain yang dimaksud. Prototipe fungsional dapat dikurangi dalam ukuran (skala bawah) untuk mengurangi biaya. Pembangunan prototipe skala penuh sepenuhnya bekerja dan tes akhir konsep, adalah pemeriksaan terakhir para insinyur cacat desain dan memungkinkan perbaikan menit terakhir akan dilakukan sebelum menjalankan produksi yang lebih besar.

Dalam pengembangan suatu pembuatan prototipe juga memberikan keuntungan tersendiri, diantaranya:

- a. Dapat memberikan bukti konsep yang diperlukan untuk menarik dana
- b. Awal visibilitas prototipe memberikan pengguna gagasan tentang apa sistem akhir seperti apa
- c. Mendorong partisipasi aktif antara pengguna dan produsen
- d. Memungkinkan output yang lebih tinggi untuk pengguna
- e. Biaya yang efektif (biaya Pengembangan dikurangi)
- f. Meningkatkan kecepatan pengembangan sistem
- g. Membantu untuk mengidentifikasi masalah dengan kemanjuran dari desain sebelumnya dan analisis persyaratan.

### C. Termoelektrik

Fenomena termoelektrik pertama kali ditemukan tahun 1821 oleh ilmuwan Jerman, Thomas Johann Seebeck. Ia menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian. Di antara kedua logam tersebut lalu diletakkan jarum kompas. Ketika sisi logam tersebut dipanaskan, jarum kompas ternyata bergerak. Belakangan diketahui, hal ini terjadi karena aliran listrik yang terjadi pada logam menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan jarum kompas. Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek Seebeck.

Penemuan Seebeck ini memberikan inspirasi pada Jean Charles Peltier untuk melihat kebalikan dari fenomena tersebut. Dia mengalirkan listrik pada dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian. Ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada sambungan kedua logam tersebut dan pelepasan panas pada sambungan yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik begitu arah arus dibalik. Penemuan yang terjadi pada tahun 1834 ini kemudian dikenal dengan efek Peltier. Efek Seebeck dan Peltier inilah yang kemudian menjadi dasar pengembangan teknologi termoelektrik.

Penelitian termoelektrik muncul kembali tahun 1990 setelah sempat menghilang hampir lima dasawarsa karena efisiensi konversi yang tidak bertambah. Setidaknya ada tiga alasan yang mendukung kemunculan tersebut. Pertama, ada harapan besar ditemukannya material termoelektrik dengan efisiensi yang tinggi, yaitu sejak ditemukannya material superkonduktor

*High-T<sub>c</sub>* pada awal tahun 1986 dari bahan keramik. Kedua, sejak awal 1980, teknologi material berkembang pesat dengan kemampuan menyusun material tersebut dalam level nano. Teknologi analisis dengan XPS, UPS, STM juga memudahkan analisis struktur material. Ketiga, pada awal tahun 1990, tuntutan dunia tentang teknologi yang ramah lingkungan sangat besar. Ini memberikan imbas kepada teknologi termoelektrik sebagai sumber energi alternatif (Sukur, 2004: 4).

## **1. Bahan Termoelektrik**

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. Termoelektrik dipengaruhi oleh tiga efek, yaitu efek Seebeck, Thompson dan Peltier.

### **a. Efek Seebeck**

Konsep Seebeck menggambarkan bahwa jika 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. Jika tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian, di antara kedua logam tersebut lalu diletakkan jarum kompas. Ketika sisi logam tersebut dipanaskan, jarum kompas ternyata bergerak. Hal ini terjadi oleh karena aliran listrik yang terjadi pada logam menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan jarum kompas

tersebut. Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek Seebeck.  
(Putra, 2009: 2).

#### **b. Efek Peltier**

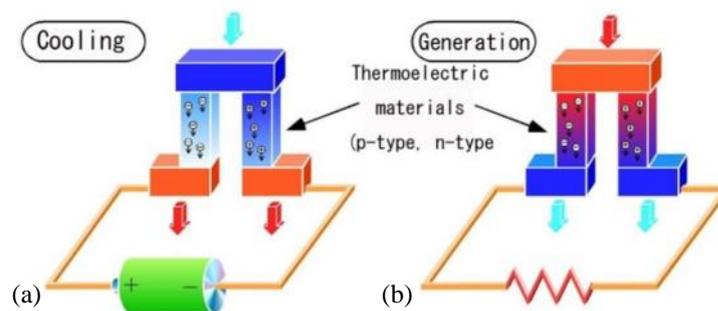
Jika listrik dialirkan pada dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian. Ketika arus listrik mengalir, terjadi penyerapan panas pada sambungan kedua logam tersebut dan pelepasan panas pada sambungan yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik begitu arah arus dibalik. Penemuan yang terjadi pada tahun 1934 ini kemudian dikenal dengan efek Peltier. Sel peltier merupakan bahan semikonduktor yang bertipe-p dan bertipe-n. Yang bila diberi arus listrik akan menghasilkan beda potensial (Ramdini, 2014: 3).

#### **c. Efek Thomson**

Jika satu macam kawat dialiri arus listrik, dapat pula terjadi proses penyerapan listrik maupun pembangkitan panas listrik, jika di dalam kabel terdapat perbedaan suhu. Hal ini ditemukan oleh ilmuwan Inggris, Thomson pada tahun 1851. Kini dikenal sebagai efek Thomson (Ramdini, 2014: 3).

Seperti dikemukakan diatas, prinsip kerja bahan termoelektrik adalah berdasarkan efek Peltier, efek Seebeck dan efek Thomson. Hal ini memberikan banyak keuntungan dari pemakaian bahan termoelektrik bagi aplikasi devais semikonduktor dan elektronik lain karena merupakan *refrigerator* bahan padat (*solid state refrigerator*) yaitu tanpa adanya

bagian-bagian yang bergerak atau bervibrasi, performa yang baik berhubungan dengan kemampuannya untuk melokalisasi *spot* pendinginan, bersifat ramah lingkungan, dan dapat dengan mudah digunakan dalam teknologi untuk menangkap panas atau untuk konversi energi.



Sumber : [www.energybandgap.com](http://www.energybandgap.com)

**Gambar 1.** Prinsip kerja termoelektrik sebagai; (a) Generator daya, (b) Pompa panas

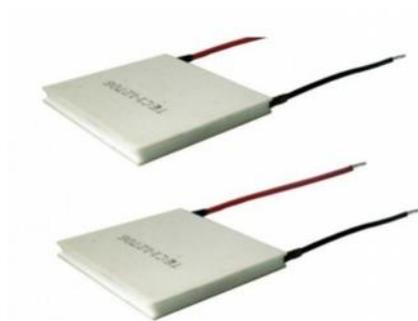
Devais termoelektrik secara umum terdiri dari dua material termoelektrik yang berbeda jenis (tipe-n dan tipe-p) yang saling terhubung satu sama lain membentuk sebuah *junction*. Jelasnya, elemen-elemen tersebut dihubungkan seri secara elektrik dan paralel secara termal, yang dapat dipakai sebagai devais generator daya dan pompa panas, seperti diperlihatkan dalam Gambar 1. Dapat disebutkan secara singkat bahwa prinsip kerja generator daya adalah dengan memberikan sebuah gradien thermal sehingga arus listrik akan mengalir dari satu bahan ke bahan yang lain, sedangkan prinsip kerja dari pompa panas adalah melewatkan sebuah arus listrik melalui *junction* sehingga akan dihasilkan pendinginan pada bahan (Sutjahja, 2011: 2).

## 2. Produk Termoelektrik

Berdasarkan sifat-sifat yang dimiliki, dalam perkembangannya elemen termoelektrik terbagi menjadi dua jenis berdasarkan kegunaannya, yaitu sebagai pendingin yaitu *Thermoelectric Cooler (TEC)* dan sebagai pembangkit listrik atau generator, *Thermoelectric Generator (TEG)*.

### a. *Thermoelectric cooler (TEC)*

Pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*) 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. Komponen ini dikenal dengan nama *peltier device*, *peltier heat pump*, *solid state refrigerator*, atau *Thermoelectric Cooler (TEC)*.



sumber : [www.ebay.in](http://www.ebay.in)

**Gambar 2.** Contoh salah satu jenis *thermoelectric cooler (TEC)*

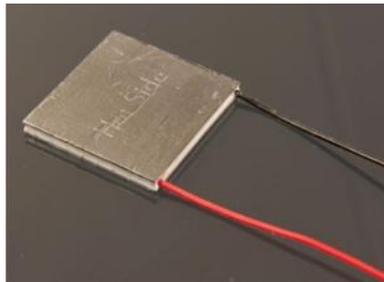
Walaupun namanya adalah pendingin (*cooler*) sesuai dengan aplikasi utamanya. TEC dapat juga digunakan sebagai pemanas dengan cara membalik arah arus yang mengalir, dengan demikian TEC dapat digunakan sebagai alat pengontrol temperatur (bisa jadi pendingin atau sebaliknya pemanas).

Teknologi ini jauh lebih jarang digunakan dalam perangkat pendingin (*refrigerator*) komersial dibanding pendingin dengan sistem kompresi uap (*vapor-compression refrigeration*, misalnya AC berbasis freon) mengingat harganya yang relatif lebih mahal dan tingkat efisiensi yang rendah. Namun teknologi ini memiliki keunggulan tersendiri, yaitu tidak ada bagian yang bergerak secara fisik atau cairan yang disirkulasikan, ukuran yang kecil dan kompak, dan bentuk yang fleksibel. Dengan karakteristik seperti itu, TEC kerap digunakan dalam peralatan bergerak atau peralatan yang ringkas di mana ukuran menjadi faktor penting, contohnya sebagai pendingin kaleng minuman di mobil, lemari dengan sistem pengatur suhu dan kelembaban, pendingin CPU di kotak komputer.

(<http://www.vcc2gnd.com/2014/01/Peltier-TEC1-12706.html>).

**b. *Thermoelectric Generator (TEG)***

*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.



sumber : [www.ebay.in](http://www.ebay.in)

**Gambar 3.** Contoh salah satu jenis *Thermoelectric Generator(TEG)*

Saat ini, aplikasi TEG telah banyak diterapkan di berbagai bidang, sebuah perusahaan Amerika (*Hi-Z Technology, Inc.*) telah berhasil mengembangkan delapan modul peltier (*model HZ-14*) yang digunakan pada *glycol generator* dan dapat menghasilkan daya sebesar 60 watt dengan temperatur ambien 15-30 °C dan temperatur operasi berkisar 175-200 °C. Besarnya daya yang dihasilkan dikarenakan modul yang digunakan tersebut adalah khusus pada TEG, bukan TEC dan perbedaan temperaturnya mencapai 170 °C. Perkembangan

teknologi termoelektrik dari *Hi-Z* mengalami kemajuan yang pesat karena saat ini teknologi *Hi-Z* mampu mencapai nilai *ZT* (*figure of merit*) 3,2 walaupun diproduksi masih dalam skala kecil (Nandy, 2009: 3).

TEC dapat juga digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik tenaga panas /*Thermoelectric Generator* (TEG). Ketika terjadi perbedaan panas yang signifikan di antara kedua sisinya (contoh; satu sisi dipaparkan ke terik matahari dan sisi lainnya didinginkan dengan air), perbedaan tegangan akan tercipta di antara kedua sisi komponen ini. Kondisi ini dikenal dengan sebutan efek Seebeck. Walaupun demikian, sebuah TEC yang baik hanya akan beroperasi sebagai TEG secara biasa saja, demikian juga sebaliknya. Ini disebabkan TEC dan TEG dirancang secara berbeda dengan cara pengemasan yang berbeda sesuai tujuan utama pembuatannya.

#### **D. Pengukuran**

Fisika adalah ilmu pengetahuan eksperimental, dalam melakukan eksperimen kita melakukan pengukuran-pengukuran. Karena itu, pengukuran merupakan bagian yang sangat penting dalam proses membangun konsep-konsep fisika. Dalam pengukuran kita mengenal beberapa istilah penting, yaitu Besaran dan satuan. Besaran adalah sesuatu yang dapat dan dapat dinyatakan dalam nilai-nilai atau satuan-satuan. Sedangkan satuan adalah sesuatu yang digunakan untuk menyatakan hasil dari pengukuran, atau pembandingan dalam suatu pengukuran tertentu.

Menurut Endang Purwanti (2008: 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.

Jadi pengukuran dalam fisika dapat diartikan sebagai suatu kegiatan membandingkan suatu besaran yang diukur dengan besaran lain yang ditetapkan sebagai satuan atau patokan. Besaran yang digunakan sebagai patokan dalam pengukuran haruslah bersifat tetap dan berlaku umum agar hasil pengukuran yang dihasilkan valid. Saat ini telah ada besaran standar dalam pengukuran yang berlaku secara internasional, yaitu Sistem Internasional (SI). Dalam Sistem Internasional (SI) terdapat tujuh buah besaran utama yang dinamakan besaran pokok.

No	Besaran Pokok	Satuan	Simbol
1.	Panjang	Meter	m
2.	Massa	Kilogram	Kg
3.	Waktu	Sekon	s
4.	Suhu	Kelvin	K
5.	Arus listrik	Ampere	A
6.	Jumlah zat	Mol	mol
7.	Intesitas cahaya	Candela	Cd

**Tabel 1.** Besaran Pokok

Selain besaran pokok, juga terdapat besaran lain, yaitu besaran yang nilainya diturunkan dari besaran pokok. Besaran tersebut disebut juga dengan besaran turunan. Contoh besaran turunan beserta satuannya dapat dilihat pada table 2.

No	Besaran Turunan	Satuan	Simbol
1.	Gaya	Newton	N
2.	Tekanan	Pascal	Pa
3.	Energi	Joule	J
4.	Luas	meter <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
5.	Volume	meter <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>

**Tabel 2.** Beberapa contoh besaran turunan

Dalam melakukan dan menyajikan hasil pengukuran harus memperhatikan ketidakpastian pengukuran, kesalahan pengukuran dan aturan angka penting agar hasil pengukuran yang diperoleh akurat.

### 1. Ketidakpastian Pengukuran

Pengukuran yang akurat merupakan bagian yang penting dalam fisika.

Tetapi tidak ada pengukuran yang benar-benar tepat. Ada ketidakpastian yang berhubungan dengan setiap pengukuran (Giancoli, 2010: 8).

Ketidakpastian merupakan perkiraan dari nilai keterbatasan alat ukur yang digunakan, semakin kecil nilai ketidakpastian maka semakin akurat/teliti hasil pengukuran tersebut.

Menurut Giancoli (2010: 8) menyatakan:

Ketidakpastian muncul dari sumber yang berbeda-beda, yaitu; kesalahan dalam pengukuran, keterbatasan ketepatan setiap alat pengukuran, ketidakmampuan membaca sebuah instrumen diluar batas terkecil yang ditunjukkan.

Dalam penyajian hasil pengukuran harus ditampilkan nilai beserta ketidakpastiannya, dengan menggunakan persamaan:

$$X = x_t \pm \Delta t$$

keterangan:

$x_t$  = nilai terbaik

$t$  = nilai ketidakpastian

Sedangkan nilai ketidakpastian sendiri ditentukan dari setengah dari nilai skala terkecil.

## 2. Kesalahan Pengukuran

Terdapat dua jenis kesalahan dalam pengukuran, kesalahan acak dan kesalahan sistematis.

### a. Kesalahan acak

Kesalahan acak adalah kesalahan dalam pengukuran yang terjadi akibat faktor-faktor dari luar alat ukur yang digunakan. Misalnya:

- 1) Gerak Brown molekul udara menyebabkan jarum penunjuk skala alat ukur terpengaruh.
- 2) Frekuensi Tegangan listrik, perubahan pada tegangan PLN, baterai, atau aki landasan yang bergetar.
- 3) Adanya nilai skala terkecil dari alat ukur.
- 4) Keterbatasan dari Pengamat Sendiri.

Kesalahan acak dapat dihindarkan, tetapi bisa dikurangi dengan mengulang eksperimen beberapa kali dan merata-ratakan hasilnya bisa memperkecil nilai kesalahannya.

b. Kesalahan sistematis

Kesalahan sistematis dapat terjadi karena hal-hal sebagai berikut:

- 1) Kesalahan kalibrasi alat ukur.
- 2) Kesalahan dalam memberi skala pada waktu alat ukur sedang dibuat sehingga tiap kali alat itu digunakan, ketidakpastian selalu muncul dalam tiap pengukuran.
- 3) Kesalahan titik nol skala alat ukur tidak berhimpit dengan titik nol jarum penunjuk alat ukur.
- 4) Kesalahan komponen Alat sering terjadi pada pegas. Biasanya terjadi bila pegas sudah sering dipakai gesekan
- 5) Kesalahan yang timbul akibat gesekan pada bagian-bagian alat yang bergerak.
- 6) Kesalahan posisi mata dalam membaca skala alat ukur.

### 3. Angka Penting

Angka penting ialah semua angka yang diperoleh dari hasil pengukuran yang terdiri dari angka eksak dan satu angka terakhir yang ditaksir (diragukan).

Adapun aturan-aturan angka penting yaitu:

- a. semua angka bukan nol adalah angka penting.
- b. angka nol yang terletak di antara dua angka bukan nol termasuk angka penting.
- c. semua angka nol yang terletak pada deretan akhir dari angka-angka yang ditulis dibelakang koma decimal termasuk angka penting.

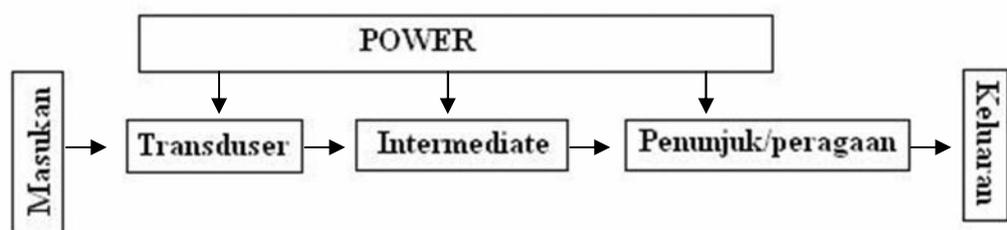
- d. angka-angka nol yang digunakan hanya untuk tempat titik decimal adalah bukan angka penting.
- e. bilangan-bilangan puluhan, ratusan, ribuan dan seterusnya yang memiliki angka-angka nol pada deretan akhir harus dituliskan dalam notasi ilmiah agar jelas apakah angka-angka nol tersebut termasuk angka penting atau bukan.

### E. Sistem Pengukuran

Secara umum sistem pengukuran menurut Beckwith (1981: 681) dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

1. Tahap detektor (*transduser*)
2. Tahap pengkondisian sinyal (*intermediate*)
3. Tahap pembacaan

Tahap pertama data dari obyek dibaca oleh sensor, kemudian dikondisikan pada tahap *intermediate* dan akhirnya data tersebut memasuki tahap akhir seperti tampilan hasil, kendali dan sebagainya.



**Gambar 4.** Diagram blok sistem pengukuran

1. Tahap sensor (*transduser*)

Fungsi utama tahap ini adalah mendeteksi atau merasakan adanya perubahan besaran fisik pada obyek yang diukur. Tahap ini harus kebal terhadap pengaruh lain yang tidak dikehendaki, misalnya sensor gaya tidak boleh terpengaruh oleh percepatan atau sensor percepatan linier, tidak boleh berubah oleh perubahan percepatan sudut. Tetapi hal tersebut tidak pernah didapati secara ideal, perubahan-perubahan kecil oleh variabel lain tersebut masih dapat diterima selama masih berada dalam batasan-batasan yang diizinkan.

2. Tahap pengondisian sinyal (*intermediate*)

Tahap ini adalah tahap pengondisian sinyal yang dihasilkan pada tahap pertama agar dapat dinyatakan ke tahap terakhir. Perlakuan yang dilakukan pada tahap ini biasanya penyaringan, penguatan dan transformasi sinyal. Fungsi umum tahap ini adalah meningkatkan kemampuan sinyal ke level yang mampu mengaktifkan tahap akhir. Peralatan pada tahap ini harus dirancang sedemikian rupa agar sesuai dengan kondisi antara tahap pertama dan tahap terakhir.

3. Tahap pembacaan (*display*)

Tahap ini mengandung informasi dalam level yang dapat disensor oleh manusia atau perangkat kendali. Jika keluaran diharapkan dapat dibaca oleh manusia, maka lebih sering berbentuk:

- a. gerakan relatif, misalnya jarum penunjuk skala atau gerakan gelombang pada osiloskop.
- b. digital, bentuk ini mempresentasikan angka-angka, misalnya odometer mobil, termometer digital dan sebagainya.

Secara umum sebuah instrumen ukur memiliki karakteristik berdasarkan spesifikasi yang dimiliki, seperti ketelitian, rentang ukur, sensitivitas dan sesatan.

1. Ketelitian (*accuracy*)

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.

2. Rentang ukur (*range*)

Rentang ukur adalah besarnya pengukuran mutlak suatu alat ukur atau nilai batas bawah dan batas atas nilai besaran yang dapat diukur.

Mengetahui rentang ukur dari sebuah instrumen ukur menjadi sangat penting, karena apabila sebuah instrumen ukur bekerja diluar batas rentang ukur yang dimiliki, maka kemungkinan besar hasil pengukuran yang diperoleh mengalami kesalahan/*error*. Dapat pula menyebabkan kerusakan pada alat ukur itu sendiri.

### 3. Sensitivitas (*sensitivity*)

Sensitivitas adalah 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. Alat ukur yang sangat sensitif biasanya sangat mahal, sementara belum tentu bermanfaat untuk maksud yang diinginkan, oleh karena sebaiknya memilih alat ukur dengan nilai sensitivitas yang sesuai dengan kebutuhan.

### 4. Sesatan

Sesatan dari sebuah alat ukur 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.

## F. Termometrik

Sifat fisika yang mengalami perubahan karena suhu benda berubah dinamakan sifat termometrik (*thermometric property*). Beberapa contoh sifat termometrik benda diantaranya volume (dalam hal ini kaitannya dengan pemuaian zat, baik itu zat padat, zat cair, atau gas), tekanan (zat cair dan gas), hambatan listrik, gaya gerak listrik, dan intensitas cahaya.

Sifat-sifat termometrik inilah yang dijadikan prinsip kerja sebuah termometer. Termometer bekerja dengan memanfaatkan perubahan sifat termometrik suatu benda ketika benda tersebut mengalami perubahan suhu. Perubahan sifat termometrik suatu benda menunjukkan adanya perubahan suhu benda, dan

dengan melakukan kalibrasi atau peneraan tertentu terhadap sifat termometrik yang teramati dan terukur, maka nilai suhu benda dapat dinyatakan secara kuantitatif.

Tidak semua sifat termometrik benda yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan termometer. Sifat termometrik yang dapat digunakan dalam pembuatan termometer harus merupakan sifat termometrik yang teratur.

Artinya, perubahan sifat termometrik terhadap perubahan suhu harus bersifat tetap atau linier, sehingga peneraan skala termometer dapat dibuat lebih mudah dan termometer tersebut nantinya dapat digunakan untuk mengukur suhu secara teliti.

Berdasarkan sifat termometrik yang dimiliki suatu benda, jenis-jenis termometer diantaranya termometer zat cair, termometer gas, termometer hambatan, termokopel, pirometer, termometer bimetal, dan sebagainya.

Sedangkan berdasarkan hasil tampilan pengukurannya, termometer dibagi menjadi termometer analog dan termometer digital. Beberapa sifat termometrik yang dimanfaatkan dalam pembuatan termometer diperlihatkan pada tabel 3.

No.	Jenis termometer	Sifat termometrik
1	Air raksa dalam pipa	Volume zat
2	Gas volume konstan	Tekanan gas
3	Hambatan platina	Hambatan listrik
4	Termokopel	Gaya gerak listrik
5	Pyrometer	Termokopel

**Tabel 3.** Beberapa contoh sifat termometrik bahan

Termometer zat cair yang sering kita jumpai umumnya menggunakan raksa atau alkohol. Pada dasarnya raksa dan alkohol digunakan sebagai zat pengisi termometer karena keduanya memiliki sejumlah kelebihan dibandingkan dengan zat cair lainnya. Beberapa kelebihan raksa diantaranya:

1. Raksa tidak membasahi dinding kaca tabung termometer, sehingga pengukuran suhu dapat dilakukan secara lebih akurat.
2. Raksa cepat mengambil panas dari benda yang akan diukur suhunya, sehingga mudah dicapai keadaan kesetimbangan termal.
3. Pemuaiannya raksa terjadi secara teratur.
4. Raksa mempunyai warna yang mengkilat, sehingga menjadi mudah diamati.
5. Termometer raksa mempunyai jangkauan ukur yang lebar, yaitu sekitar  $356,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Namun demikian, raksa juga memiliki kelemahan, diantaranya tidak dapat mengukur suhu yang rendah. Disamping itu raksa merupakan zat yang sangat beracun, sehingga apabila tabung termometer yang berisi cairan raksa pecah, hal ini akan menjadi sangat berbahaya. Oleh karena itu, biasanya digunakan cairan alternatif lain, yakni alkohol sebagai pengganti raksa untuk mengisi tabung termometer. Alkohol memiliki beberapa kelebihan, diantaranya alkohol tidak beracun dan termometer alkohol dapat digunakan untuk mengukur suhu yang rendah. Akan tetapi, alkohol sebagai zat pengisi tabung termometer memiliki beberapa kelemahan, diantaranya:

1. Alkohol tidak berwarna sehingga untuk penggunaan dalam tabung termometer harus diberi warna agar mudah dilihat.
2. Alkohol membasahi dinding tabung termometer, sehingga tidak dapat menunjukkan hasil pengukuran yang teliti.
3. Pemuaian alkohol kurang teratur.
4. Titik didih alkohol rendah (sekitar  $78^{\circ}\text{C}$ ), sehingga tidak dapat digunakan untuk mengukur suhu yang tinggi.

### **G. Pembelajaran Fisika**

Hukum dan teori-teori sains sebagai produk dari serangkaian aktifitas manusia yang disebut sebagai penyelidikan ilmiah (*scientific inquiry*). Proses untuk menghasilkan pengetahuan sains sangat tergantung pada pengamatan teliti terhadap suatu fenomena, dan teori yang mendasari pengamatan tersebut.

Seiring dengan perkembangannya, proses yang terdapat dalam penyelidikan ilmiah dikemas lebih sistematis berupa keterampilan-keterampilan yang harus dimiliki seseorang untuk melakukan penyelidikan secara ilmiah, keterampilan ini disebut sebagai Keterampilan Proses Sains (KPS). Metode untuk melakukan penyelidikan ilmiah yang menggunakan Keterampilan Proses Sains tersebut dikenal sebagai Metode Ilmiah (*Scientific Method*).

Percobaan atau praktikum merupakan bagian terpenting dalam Sains, karena melalui praktikum peserta didik dapat menemukan gejala-gejala fisik dalam kehidupan sehari-hari. Menurut Siahaan dan Suyana (2010: 3), Pentingnya metode praktikum menuntut guru mengoptimalkan fungsinya sebagai:

1. Fasilitator, untuk mengembangkan kemampuan merencanakan, mengembangkan, menggunakan, dan mengelola.
2. Motivator, untuk mengembangkan kemampuan menunjukkan fenomena aktual dan konseptual, merangsang dan mengarahkan keingintahuan siswa, dan memelihara keingintahuan siswa.

Pembelajaran sains seyogyanya lebih menekankan pada proses, siswa aktif selama pembelajaran untuk membangun pengetahuannya melalui serangkaian kegiatan agar pembelajaran menjadi bermakna bagi siswa. Dalam pembelajaran sains, siswa berperan seolah-olah sebagai ilmuwan, menggunakan metode ilmiah untuk mencari jawaban terhadap suatu permasalahan yang sedang dipelajari. Peran siswa seolah-olah sebagai ilmuwan dalam pembelajaran sains mengandung arti bahwa dalam pembelajaran sains menggunakan pendekatan Keterampilan Proses Sains (KPS).

Menurut Siahaan dan Suyana (2010: 3), keterampilan proses sains digolongkan menjadi dua, yaitu:

1. Keterampilan dasar (*Basic Skills*)  
Mengamati (*observing*), mengklasifikasi (*classifying*), mengukur (*measuring*), menyimpulkan (*inferring*), meramalkan (*predicting*), dan mengkomunikasikan (*communicating*).
2. Keterampilan terintegrasi (*Integrated Skills*)  
Membuat model (*Making Models*), mendefinisikan secara operasional (*Defining Operationally*), mengumpulkan data (*Collecting Data*), menginterpretasikan data (*Interpreting Data*), Mengidentifikasi dan mengontrol variabel (*Identifying and Controlling Variables*), merumuskan hipotesis (*Formulating Hypotheses*), melakukan percobaan (*Experimenting*).

Fisika sebagai bagian dari sains mempelajari benda-benda alam, gejala-gejala, dan kejadian alam beserta interaksinya.

Gejala-gejala tersebut diamati melalui panca indera, terutama untuk gejala alam yang bersifat makroskopis (Yahdi, 1994: 200).

Seperti dikutip dalam pernyataan Sutrisno (2014: 43), bahwa:

Fisika dipandang sebagai ilmu yang empirik, maka pembelajaran fisika sedapat mungkin dimulai dengan atau melibatkan pengamatan gejala atau fenomena alam yang berkaitan dengan materi pembelajaran fisika.

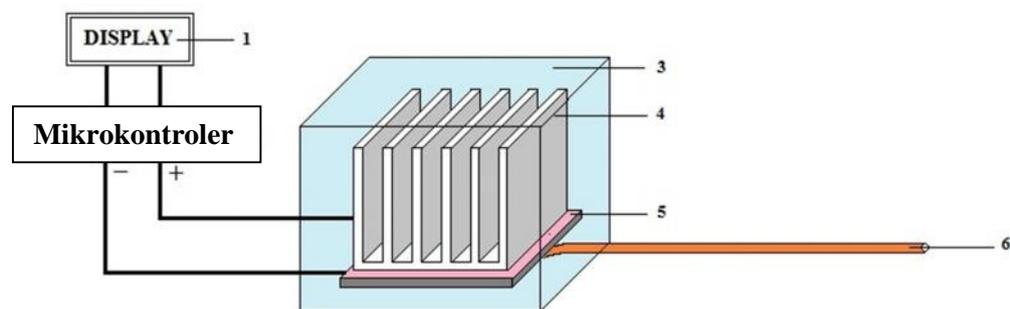
Selanjutnya secara garis besar pembelajaran Fisika seperti yang diungkapkan oleh Abu Hamid (1998: 12), adalah sebagai berikut:

1. Proses belajar Fisika bersifat untuk menentukan konsep, prinsip, teori, dan hukum-hukum alam, serta untuk dapat menimbulkan reaksi, atau jawaban yang dapat dipahami dan diterima secara objektif, jujur dan rasional.
2. Pada hakikatnya mengajar Fisika merupakan suatu usaha untuk memilih strategi mendidik dan mengajar yang sesuai dengan materi yang akan disampaikan, dan upaya untuk menyediakan kondisi-kondisi dan situasi belajar Fisika yang kondusif, agar murid secara fisik dan psikologis dapat melakukan proses eksplorasi untuk menemukan konsep, prinsip, teori, dan hukum-hukum alam serta menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.
3. Pada hakikatnya hasil belajar Fisika merupakan kesadaran murid untuk memperoleh konsep dan jaringan konsep Fisika melalui eksplorasi dan eksperimentasi, serta kesadaran murid untuk menerapkan pengetahuannya untuk memecahkan masalah yang dihadapi dalam kehidupannya sehari-hari.

Berdasarkan penjabaran di atas, maka pembelajaran fisika sebagai bagian dari sains sangat menekankan pada proses penemuan, dan metode pembelajaran

fisika dengan metode praktikum atau percobaan adalah tepat. Karena dengan praktikum dapat menghasilkan keterampilan proses, sikap ilmiah dan produk ilmiah.

#### H. Desain Alat Ukur Suhu Berbasis Termoelektrik



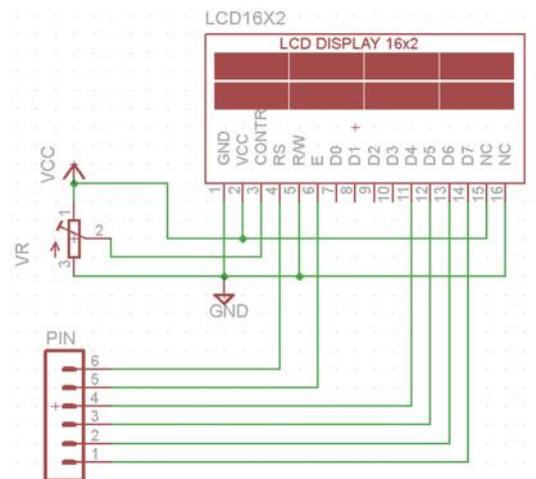
**Gambar 5.** Desain prototipe alat ukur suhu berbasis termoelektrik

Keterangan:

1. Penampil (*display*)

Penampil yang digunakan adalah *Liquid Chrystal Display (LCD)* 16x2.

Dipilih LCD karena LCD memiliki beberapa keunggulan, yaitu memiliki karakter lebih banyak, praktis dalam pembuatan program dan membutuhkan daya yang rendah untuk mengaktifkannya. LCD 16x2 terdiri dari dua bagian utama, yang pertama merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk karakter yang merepresentasikan suhu yang diukur. Bagian kedua merupakan bagian sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler yang ditempelkan pada panel belakang LCD.

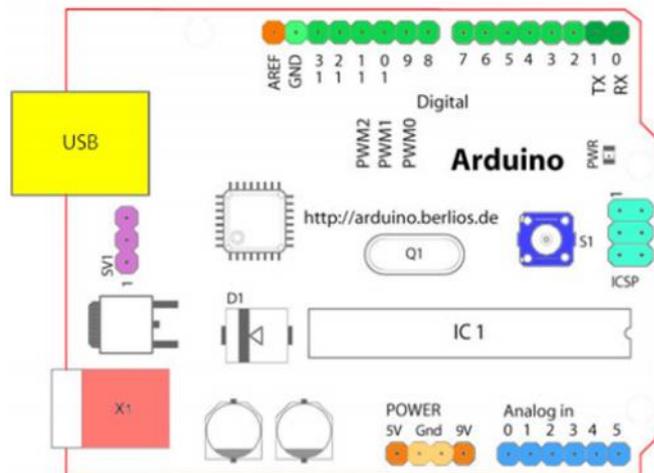


sumber :[www.bagusprehan.com](http://www.bagusprehan.com)

**Gambar 6.** Diagram konfigurasi LCD 16x2

## 2. Mikrokontroler

Hasil pengukuran menghasilkan *output* berupa tegangan DC analog. Tegangan akan diterima oleh mikrokontroler yang selanjutnya akan dikonversi kedalam tegangan digital, sehingga dapat ditampilkan dalam LCD. Jenis mikrokontroler yang digunakan adalah tipe Arduino Uno USB. Arduino jenis ini dipilih karena merupakan perangkat mikrokontroler dapat digunakan secara bebas, pembuatan program yang sederhana dan mudah dipelajari karena telah disediakan pula *software* pengembangannya yang dapat diperoleh secara gratis pula.



Sumber : <http://arduino.berlios.de>

### Gambar 7. Penampang Arduino USB

mikrokontroler Arduino USB memiliki bagian yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### a. Pin input/output digital

Berfungsi sebagai *input* atau *output*, dapat diatur oleh program.

Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog *output* dimana tegangan *output*-nya dapat diatur.

Nilai sebuah pin *output* analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 volt – 5 volt.

#### b. USB

Berfungsi untuk memuat program dari komputer ke papan dan komunikasi serial antara komputer dan papan.

c. Sambungan SV1

Sambungan atau *jumper* untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan Arduino versi terakhir karena pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara otomatis.

d. Q1 (*quartz crystal oscillatory*)

Jika mikrokontroler dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantung-nya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada mikrokontroler agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detiknya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16 MHz).

e. *Reset*

Untuk mereset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan *microcontroller*.

f. IC1 (*microcontroller Atmega*)

Komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.

g. X1 (sumber daya eksternal)

Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9 volt-12 volt.

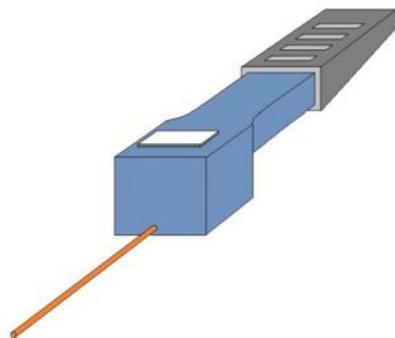
#### h. *Pin Input Analog*

Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 volt– 5 volt.

Cara kerja mikrokontroler Arduino USB dengan cara menerima sinyal analog dari TEC 12706 berupa tegangan. Selanjutnya mikrokontroler memproses hingga menjadi sinyal digital yang ditampilkan pada LCD 16x2.

#### 3. *Cashing*

Cashing terbuat dari bahan isolator, berfungsi sebagai pelindung modul termoelektrik, sebagai sekat agar tidak ada kebocoran panas yang terserap modul termoelektrik selain panas yang masuk melalui probe, serta menambah unsur estetika pada tampilan akhir produk.



**Gambar 8.** Desain *cashing* prototipe alat ukur suhu berbasis termoelektrik

4. *Heatsink* (pendingin)

*Heatsink* berfungsi sebagai pengontrol suhu pada salah satu sisi modul agar selalu tetap dan stabil. Pendingin dipilih dari bahan aluminium bersirip.

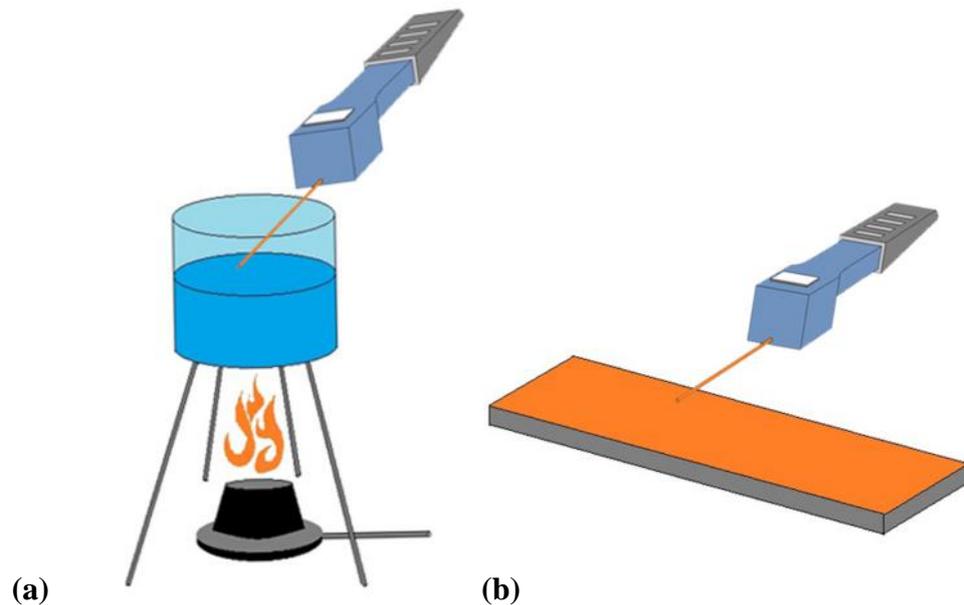
5. Modul Termoelektrik

Modul termoelektrik merupakan komponen utama pada alat ini, karena berfungsi sebagai sensor suhu dengan menghasilkan sinyal berupa tegangan DC. Modul termoelektrik yang digunakan sebagai sensor adalah TEC 12706.

6. *Probe sensor*

*Probe* terbuat dari tembaga berfungsi sebagai konduktor yang mengalirkan panas pada sensor.

## I. Mengukur Suhu Menggunakan Prototipe Alat Ukur Suhu Berbasis Termoelektrik



**Gambar 9.** (a) Cara mengukur suhu zat cair; dan (b) Cara mengukur suhu benda menggunakan alat ukur suhu berbasis termoelektrik

Alat ukur suhu berbasis termoelektrik dapat digunakan untuk melakukan pengukuran suhu terhadap zat cair dan zat padat. Prosedur dalam melakukan pengukuran suhu, yaitu:

1. Mengukur suhu zat cair
  - a. Siapkan alat ukur suhu berbasis termoelektrik.
  - b. Celupkan bagian probe kedalam zat cair yang akan diukur suhunya.
  - c. Tunggu beberapa saat, sampai hasil pengukuran yang terbaca pada *display* stabil dan menunjukkan angka yang tetap.
  - d. Membaca hasil pengukuran suhu pada layar *display*.

2. Mengukur suhu benda
  - a. Siapkan alat ukur suhu berbasis termoelektrik.
  - b. menempelkan bagian probe pada benda yang akan diukur suhunya.
  - c. Tunggu beberapa saat, sampai hasil pengukuran yang terbaca pada *display* stabil dan menunjukkan angka yang tetap.
  - d. Membaca hasil pengukuran suhu pada layar *display*.