

# PEMBANGUNAN REKABENTUK ALAT BANTU MENGAJAR BAGI MENENTUKAN MUATAN HABA TENTU MENGGUNAKAN ARDUINO

Zafarida binti Kadir<sup>1</sup> dan Razulainie binti Mohd Radzuan<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup>Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah

<sup>1</sup>[zafarida@ptsb.edu.my](mailto:zafarida@ptsb.edu.my)

<sup>2</sup>[razulainie@ptsb.edu.my](mailto:razulainie@ptsb.edu.my)

**Abstrak:** Pembangunan alat bantu mengajar di dalam pengajian kejuruteraan dapat membantu proses pengajaran dan pembelajaran berlaku dengan lebih jelas, menarik dan berkesan. Alat bantu mengajar ini dibangunkan dengan tujuan untuk mengukur haba tentu (C) bagi bahan logam iaitu aluminium. Alat bantu mengajar ini direkabentuk untuk mendemonstrasikan pendekatan kalorimeter dan Prinsip *Black* dengan bantuan sistem Arduino Uno sebagai platform kawalan sistem. Pengaturcaraan yang digunakan ditulis dalam Perisian Arduino (IDE) yang menggabungkan dua jenis *sensor* iaitu *sensor* suhu DS18B20 dan *sensor* sel beban sebagai input langsung pengiraan. Nilai haba tentu bagi aluminium yang diperolehi dibanding dan dianalisis dengan nilai piawainya iaitu 0.900kJ/kgK. Alat bantu mengajar arduino ini adalah khusus untuk pelajar semester dua bagi Program Diploma Kejuruteraan Mekanikal (DKM) dan Program Diploma Kejuruteraan Pembuatan (DTP) di Jabatan Kejuruteraan Mekanikal, Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah yang mengambil kursus DJJ20063 Termodinamik.

**Kata Kunci:** *Alat Bantu Mengajar, Arduino, Termodinamik, Haba Tentu*

## 1.0 Pengenalan

Kursus Termodinamik merupakan kursus teras yang wajib diambil oleh pelajar-pelajar di Jabatan Kejuruteraan Mekanikal khususnya kepada pelajar semester dua Program Diploma Kejuruteraan Mekanikal dan Program Diploma Kejuruteraan Mekanikal (Pembuatan). Di dalam sukatan kursus ini, sesi pengajaran dan pembelajaran mengandungi teori dan juga amali. Sejalan dengan kehendak silibus kursus ini, satu pembangunan alat bantu mengajar bagi kursus termodinamik dibangunkan bertujuan sebagai alat bantu yang memudahkan proses amali berlangsung. Ianya direkabentuk bagi memudahkan para pensyarah dan pelajar menjalani amali khususnya berkenaan haba tentu bahan dan Hukum Pertama Termodinamik amnya (Thermodynamics, 2019). Alat bantu mengajar ini dilengkapi dengan sistem Arduino Uno yang dibangunkan bersama *sensor* beban dan *sensor* suhu.

## 1.1 Haba Tentu

Haba tentu ditakrifkan sebagai tenaga yang diperlukan untuk menaikkan satu darjah suhu per unit jisim bahan (Cengel dan Boles, 2007). Unitnya adalah dalam kJ/kg.K. Sebagai contoh, sebanyak 4.5kJ tenaga diperlukan untuk menaikkan suhu 1kg besi dari suhu 20°C kepada 30°C, di mana ia mengambil 9 kali ganda tenaga (41.8kJ yang tepat) untuk menaikkan suhu 1kg air dalam jumlah yang sama (Kalpakjian dan Schmid, 2010). Ini menunjukkan bahan yang berbeza memerlukan jumlah tenaga yang berbeza untuk menaikkan suhu yang sama.



Rajah 1: Perbandingan antara Besi dan Air (Cengel dan Boles, 2007)

Oleh itu adalah wajar untuk mempunyai ciri-ciri yang akan membolehkan kita membandingkan keupayaan penyimpanan tenaga pelbagai jenis bahan. Ciri-ciri ini dipanggil haba tentu (Sarimah Atan dll, 2018). Dengan kata lain, setiap bahan atau objek mempunyai nilai haba yang berbeza bergantung kepada kebolehnya menyerap dan melepaskan haba tersebut (Cengel dan Boles, 2007).

Jadual 1: Haba Tentu bagi Bahan Terpilih pada Suhu Bilik (Kalpakjian dan Schmid, 2010)

Logam	Haba Tentu, C (kJ/kg.K)
Aluminium	0.900
Tembaga	0.385
Besi	0.460
Keluli	0.448-0.52

Persamaan untuk tenaga haba ialah (Helmenstine, 2019):

$$Q = m c \Delta T$$

jadi untuk mencari nilai C iaitu haba tentu, persamaan diubah kepada:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

Maklumat:

Q= tenaga haba (kJ)  
m = jisim (kg)

C = haba tentu (kJ/kg.K)  
 $\Delta T$  = perubahan suhu (K)

## 1.2 Prinsip Black dan Kalorimeter

Walaupun tanpa bantuan termometer, kita boleh melihat kecenderungan haba untuk meresap dari mana-mana badan yang panas kepada sejuk, sehingga tiada lagi perbezaan haba. Keadaan ini dipanggil keseimbangan haba (Sandler dan Woodcock, 2010). Peranti yang digunakan untuk mengukur haba yang hilang atau diperolehi ini dinamakan kalorimeter (Helmenstine, 2019): Menurut Joseph Black pula, jika dua badan dengan suhu yang berbeza bersentuhan antara satu sama lain, bahan yang mempunyai suhu yang tinggi akan melepaskan haba dan bahan yang bersuhu rendah akan menyerap haba sehingga keseimbangan haba tercapai (Siti Nurjanah dll, 2017). Kenyataan ini adalah berkenaan dengan Prinsip Black yang digunakan dalam menyelesaikan masalah berkaitan kalorimeter. Prinsip Black ini boleh juga ditulis dalam bentuk persamaan di bawah (Siti Nurjanah dll, 2017):

$$Q_{\text{(hot substance)}} = Q_{\text{(cold water)}}$$

$$Q_{\text{release, 1}} = Q_{\text{accept, 2}}$$

$$m_1 C_1 (T_p - T_c) = m_2 C_2 (T_c - T_d)$$

Maklumat:

$m_1$  = jisim bahan (kg)

$C_1$  = haba tentu bahan

$T_p$  = Suhu bahan/air panas (°C)

$T_d$  = Suhu air sejuk (°C)

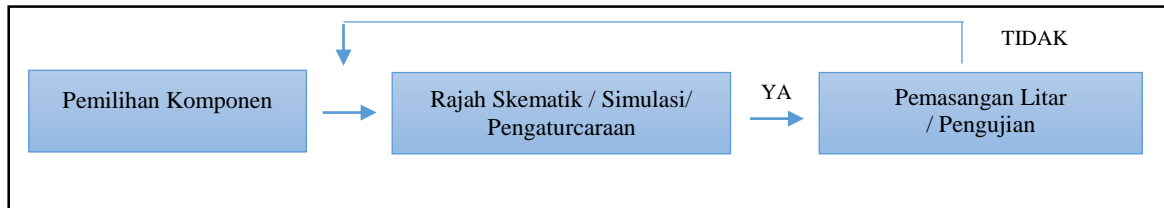
$m_2$  = jisim air sejuk (kg)

$C_2$  = haba tentu air

$T_c$  = Suhu air+bahan (°C)

## 2.0 Metodologi

Setengah peralatan, aplikasi atau alat bantu mengajar boleh membantu menjadikan aktiviti pembelajaran yang sukar menjadi lebih menarik. Aplikasi ini boleh digunakan sebagai kaedah utama untuk menggalakkan pelajar lebih tertarik untuk mengetahui lebih lanjut mengenai elektronik dan pengaturcaraan (Ahmad, 2014). Oleh itu, alat bantu mengajar ini dibangunkan dengan menggabungkan penggunaan peralatan elektronik dan pengaturcaraan bagi membolehkan ia berfungsi. Rajah 2 di bawah adalah carta alir pembangunan alat bantu mengajar Arduino ini.



Rajah 2: Kaedah Pembangunan Alat bantu mengajar Arduino

## 2.1 Komponen Utama

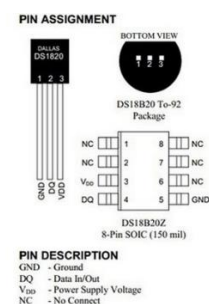
Arduino UNO adalah papan pengawal mikro berdasarkan ATmega328P. Ia mempunyai 14 pin input dan output digital (yang mana 6 boleh digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, Kristal kuarza 16MHz, Sambungan usb, bicu kuasa, kepala ICSP dan butang reset. Ia mengandungi semua yang diperlukan bagi pengawal mikro dengan hanya menyambungkannya ke komputer dengan kabel USB untuk bermula. Sebarang kesalahan penyambungan atau program boleh dikesan dengan adanya bantuan Arduino Software (IDE) 1.8.11. Papan Uno dan versi 1.8.11 IDE adalah versi rujukan Arduino yang baru. Program boleh ditulis di IDE terlebih dahulu, disemak dan program yang betul boleh dihantar terus ke Arduino UNO. Arduino adalah alat yang mempunyai pelbagai platform untuk Windows, Linux dan Macintosh berdasarkan kepada pengaturcaraan IDE dan mempunyai persekitaran pembangunan pengaturcaraan C (Luiz dll, 2013). Rajah 3 di bawah adalah Arduino UNO Rev 3 yang digunakan dalam alat bantu mengajar ini.



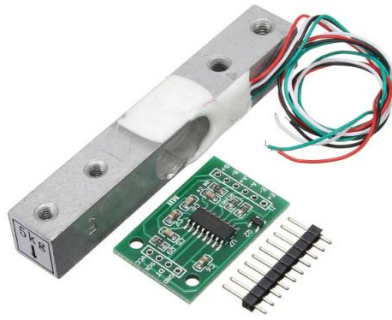
Rajah 3: Arduino UNO Rev3



Rajah 4: Sensor Suhu DS18B20



Sensor suhu jenis DS18B20 (Rajah 4) ini mempunyai julat suhu antara  $-55^{\circ}\text{C}$  sehingga  $125^{\circ}\text{C}$ . Fungsi sensor ini adalah menukar suhu ke dalam voltan secara linear. Ia mampu membaca suhu dengan ketepatan 9 hingga 12 bit ( $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ) dan boleh digunakan dengan kuasa 3.0V ke 5.5V.



Rajah 5: Sel Beban (*Load Cell Sensor*)

Sel beban (Rajah 5) juga dipanggil tolok terikan merupakan komponen utama dalam sistem skala digital. Malah tahap ketepatan skala digital bergantung kepada jenis sel beban yang digunakan. Ia boleh menterjemahkan jisim sehingga 5kg (tekanan) ke dalam isyarat elektrik. Setiap sel beban ini mampu mengukur rintangan elektrik yang berubah sebagai tindak balas berkadar kepada ketegangan (daya yang dikenakan ke atas bar atau tekanan). Dengan adanya tolok ini, perubahan jisim boleh dikesan dengan mengukur tekanan atau beban yang dikenakan ke permukaan atas bar tersebut.

### 3.0 Perbincangan

Pengaturcaraan bagi alat bantu mengajar arduino ini digabungkan dari aturcara *sensor* DB18S20 dan *sensor* sel beban. Berikut dibincangkan secara ringkas aturcara yang digunakan.

#### 3.1 Program bagi Sel Beban

Pengaturcaraan biasanya dimulakan dengan pengisytiharan yang bermaksud pernyataan yang menerangkan pembolehubah atau fungsi. Selepas itu diikuti dengan *void setup* yang memberi nilai pembolehubah atau fungsi yang telah diisytihar. Di bawah ini adalah contoh *void setup* bagi sel beban;

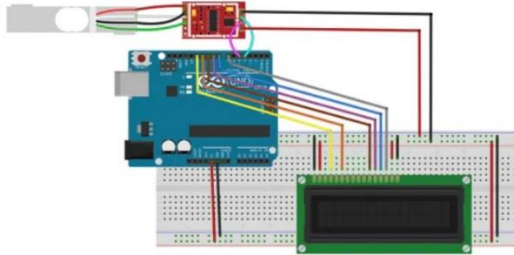
```
void setup() {  
  lcd.begin(16,2);  
  Serial.begin(9600);  
  Serial.println("Press T to tare");  
  scale.set_scale(calibration_factor); //Adjust to this calibration factor  
  scale.tare();  
}
```

Void loop pula berfungsi memastikan aturcara di dalam gelung ini berulang-ulang. Contoh aturcara bahagian loop yang digunapakai seperti di bawah:

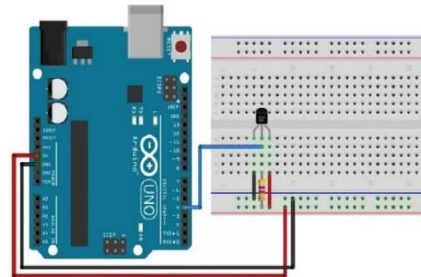
```
void loop() {  
  units = scale.get_units(), 5;  
  if (units < 0)  
  {  
    units = 0.00;  
  }  
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print("Weight: ");  
  lcd.setCursor(8,0);  
  lcd.print(units,5); //displays the weight in 4 decimal places only for calibration  
  lcd.setCursor(14,0);  
  lcd.print("grams");  
  if(Serial.available())  
  {
```

```
char temp = Serial.read();  
if(temp == 't' || temp == 'T')  
    scale.tare(); //Reset the scale to zero  
}  
}
```

Rajah 6 di bawah menunjukkan contoh penyambungan litar bagi aturcara sel beban yang telah dibuat.



Rajah 6: Litar Sel Beban



Rajah 7: Litar *Sensor Suhu*

### 3.2 Program bagi DS18B20

Bagi aturcara *sensor* suhu DS18B20 ini pula, aturcara juga dimulakan dengan pengisytiharan seterusnya dengan *void setup*. Selepas itu diikuti dengan *void loop* seperti yang dinyatakan di bawah;

```
void loop(void){  
    // Call sensors.requestTemperatures() to issue a global temperature and Requests to all devices on  
    the bus  
    sensors.requestTemperatures();  
    Serial.print("Celsius temperature: ");  
    // Why "byIndex"? You can have more than one IC on the same bus. 0 refers to the first IC on the  
    wire  
    Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));  
    Serial.print(" - Fahrenheit temperature: ");  
    Serial.println(sensors.getTempFByIndex(0));  
    delay(1000);  
}
```

Rajah 7 menunjukkan contoh penyambungan litar bagi aturcara sensor suhu DS18B20 yang telah dibuat. Aturcara ini digabungkan dalam menghasilkan alat bantu mengajar Arduino bagi mengesan nilai suhu dan jisim beban. Nilai ini kemudiannya dimasukkan ke dalam persamaan bagi mencari nilai haba tentu yang telah dipilih.

### 3.3 Analisa

Analisa yang dijalankan melalui pembangunan alat bantu mengajar pembelajaran termodinamik ini lebih kepada menguji prosedur yang dibangunkan di dalam lembaran makmal bertepatan dengan teori yang dipelajari. Apabila pengukuran dibuat menggunakan konsep kalorimeter, 20gram logam dipanaskan kepada 80°C dan kemudian diletakkan ke dalam 40ml air yang bersuhu 30°C (kalorimeter). Suhu air tersebut akhirnya mencapai keseimbangan pada suhu 35°C. Pemindahan haba ke persekitaran adalah diabaikan. Pengiraan untuk mendapatkan nilai haba tentu, *C* ialah:

$$\begin{aligned}Q_{\text{release},1} &= Q_{\text{accept},2} \\Q_{\text{(hot substance)}} &= Q_{\text{(cold water)}} \\m_1 C_1 (T_p - T_c) &= m_2 C_2 (T_c - T_d) \\(0.02\text{kg})(C)(80-35) &= (0.04\text{kg})(4.182\text{kJ/kgK})(35-30) \\0.9 C &= 0.8364 \\C &= 0.929\text{kJ/kgK}\end{aligned}$$

Maklumat: $m_1$ = jisim logam (kg) $m_2$ = jisim air sejuk (kg) $C_1$ = haba tentu bahan $C_2$ = haba tentu air $T_p$ = Suhu bahan/air panas ( $^{\circ}\text{C}$ ) $T_c$ = Suhu air+bahan ( $^{\circ}\text{C}$ ) $T_d$ = Suhu air biasa ( $^{\circ}\text{C}$ )
--

Didapati daripada pengiraan yang telah dibuat, nilai haba tentu yang diperolehi melalui alat bantu mengajar ini adalah 0.929kJ/kgK berbanding nilai yang telah ditetapkan bagi aluminium iaitu 0.900kJ/kgK menurut Kalpakjian dan Schmid (2010). Nilai yang diperolehi mempunyai ralat ketepatan sebanyak  $\pm 0.029$ .

#### 4.0 Kesimpulan

Dalam melaksanakan amali bagi menentukan nilai haba tentu menggunakan alat bantu mengajar arduino ini, dua jenis *sensor* digunakan untuk mengukur beban jisim dan suhu yang terlibat dalam persamaan untuk mencari nilai haba tentu. Alat ini perlu dikalibrasi terlebih dahulu bagi meningkatkan kejituan bacaan sebelum digunakan. Alat bantu mengajar Arduino ini dapat mencapai objektif di mana ianya membantu pensyarah sekaligus pelajar dalam menjalankan amali bagi mencari nilai haba tentu bahan yang merupakan sub topik dalam topik ke tiga Termodinamik iaitu Hukum Pertama Termodinamik bersama-sama lembaran makmal yang telah dibangunkan.

#### 5.0 Rujukan

Ahmad Adamu Galadima (2014). Arduino as a Learning Tool. 2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO). IEEE, 2014.

Anne Marie Helmenstine (2019). Calorimeter Definition in Chemistry. Encyclopaedia Britannica/UIG/Getty Images, Science, tech, math.  
<https://www.thoughtco.com/definition-of-calorimeter-in-chemistry-604397> 22 Januari 2020

Arduino Uno Rev3 datasheet (2020). Dimuat turun daripada  
<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

Junior, Luiz A. Osvaldo T. Neto, Marli F. Hernandez, Paulo S. Martins, Leonardo L. Roger dan Fatima A. Guerra (2013). A low-cost and simple arduino-based educational robotics kit. Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Robotics and Control (JSRC), December edition 3.12 (2013): 1-7.

S. I. Sandler dan L.V. Woodcock (2010). Historical Observations on Laws of Thermodynamics. J. Chem. Eng. Data **2010**, 55, 4485–4490.

Sarimah Atan, Seri Nian Akmad, Saifa Masfuza Salan, Che Azlina Che Norohoseni, Sharifah Enne Suhaini, Rashidah Ibrahim dan Siti Rahaida Abdullah (2018). Thermodynamics: Polytechnic Approach. 3<sup>rd</sup> Edisi. Politeknik Nilai. Perpustakaan Negara Malaysia.

Serope Kalpakjian dan Steven R. Schmid (2010). Manufacturing Engineering and Technology. 89,93.

Siti Nurjanah, Yusro dan EkoSetyadi (2017). Development of Specific Heat Capacity Instrument Based on Arduino As Teaching Media of Temperature and Heat Topic. [eproceedings.umpwr.ac.id](http://eproceedings.umpwr.ac.id)

Programmable Resolution 1-wire Digital Thermometer: DS18B20 Datasheet (2015). Dimuat turun daripada [www.maximintegrated.com](http://www.maximintegrated.com).  
<https://escapequotes.net/onewire-ds18b20-temperature-sensor/>

Thermodynamics DJJ20063 (2019). Syllabus of Polytechnics: Ministry of Education Malaysia.

Yunus A. Cengel, Michael A. Boles (2007). Thermodynamics: An Engineering Approach Sixth Edition (SI Units). Mc Graw Hill Higher Education.