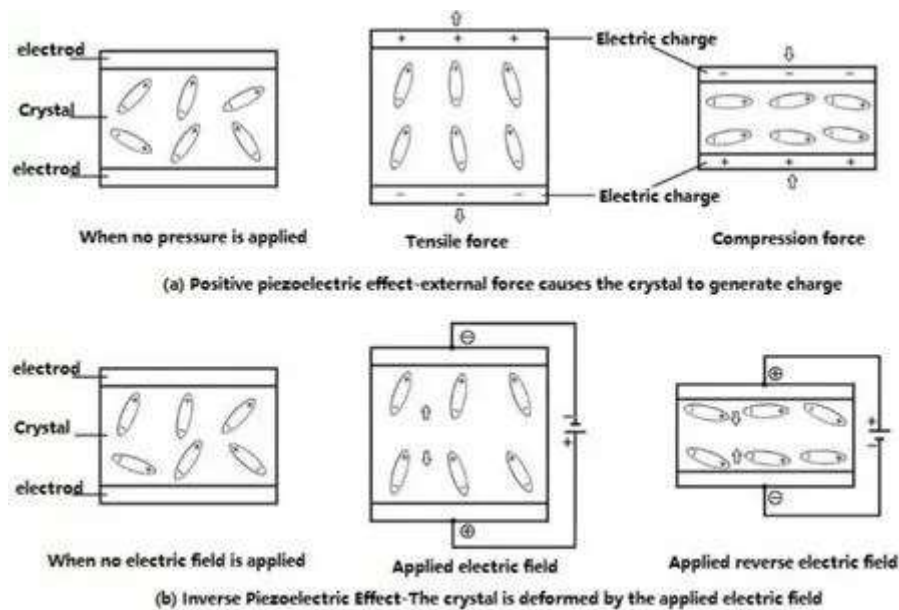


## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Piezoelektrik

Piezoelektrik adalah jenis material yang menghasilkan tegangan listrik ketika mendapatkan tekanan. Piezoelektrik ini adalah salah satu jenis transduser atau aktuator dalam dunia elektronika yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik (Yulianti *et al.*, 2012). Prinsip dasarnya adalah ketika material piezoelektrik mengalami perubahan polarisasi elektron, di mana elektron yang sebelumnya bergerak secara acak menjadi teratur dan terkutub. Proses polarisasi ini menghasilkan tegangan listrik. Semakin besar tekanan yang diterapkan pada bahan piezoelektrik, semakin cepat proses polarisasi terjadi, dan akibatnya, tegangan listrik yang dihasilkan semakin besar (Gamayel, Mulyana and Sunardi, 2020).



Gambar 2. 1 Cara Kerja Piezoelektrik (a) piezoelektrik saat diberi tekanan menghasilkan listrik (b) piezoelektrik saat dialiri listrik

Sumber : <https://wma.co.id/articles/prinsip-kerja-dan-aplikasi-pressure-sensor>

Menurut (Hendry Ade, 2020) piezoelektrik dapat dimanfaatkan juga menjadi banyak jenis alat dan komponen teknologi yang bisa membantu kegiatan dan aktivitas sehari-hari. Berikut adalah macam-macam pemanfaatan yang menggunakan piezoelektrik:

- a. Sebagai *transduser* pada alat tertentu, biasanya berfungsi untuk getaran atau besaran mekanik yang bisa dijadikan untuk muatan listrik.
- b. Piezoelektrik juga biasa dipakai untuk mengukur tekanan atau *strain gauge*, dan bisa juga dipakai untuk perangkat yang menggunakan *microphone*.
- c. Pada teknologi terbaru yang ada pada jam tangan, dengan memanfaatkan sifat piezoelektrik dalam bahan kristal kuarsa. Jika mendapat tekanan, kristal kuarsa memiliki sifat yang selalu berubah-ubah bentuknya, dan bisa menghasilkan muatan listrik pada sirkuit elektronik sehingga muatan listrik itulah yang akan digunakan pada jam tangan dan juga bisa digunakan pada perangkat elektronik lainnya.

Cara untuk menghitung tegangan listrik yang dihasilkan dari deformasi dari keramik piezoelektrik, perlu diketahui persamaan konstanta piezoelektrik dengan bahan. Konstanta ini mendefinisikan rasio antara variasi dimensi  $\Delta l$  dari bahan piezoelektrik dalam meter dan perbedaan potensial yang diterapkan dalam Volt. Ini mendefinisikan pembangkitan beban listrik dalam Coulomb dan gaya yang diterapkan pada material dalam Newton (Astudillo-Baza *et al.*, 2016).

Persamaan 2.1 mendefinisikan tegangan yang dihasilkan oleh beban mekanis yang bekerja pada area yang ditentukan dari piezoelektrik PZT:

$$V = \left(-g_{33} * h * \frac{f}{A}\right) = -\left(g_{33} * h * \left(\frac{f}{d^2 * \frac{\pi}{4}}\right)\right) \quad (2.1)$$

Dimana:

$V$  = regangan puncak yang diharapkan dari deformasi material

$g_{33}$  = konstanta piezoelektrik (Vm/N)

$h$  = panjang atau ketebalan dari piezoelektrik

$f$  = gaya yang diberi pada piezoelektrik (N)

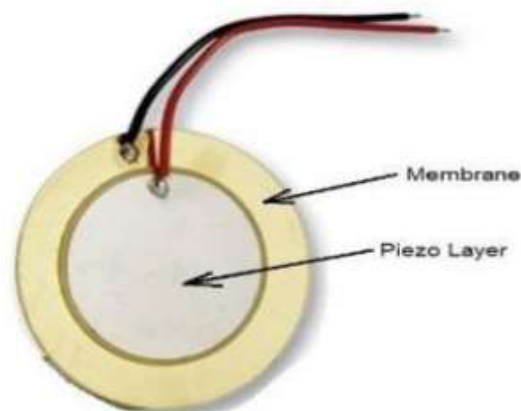
$d$  = diameter efektif dari keramik piezoelektrik

$A$  = area keramik piezoelektrik

Parameter piezoelektrik  $g_{33}$  untuk keramik PZT (bahan piezoelektrik yang paling umum di pasaran: *Lead Zirconate Titanate*) menunjukkan hubungan antara tiga kuantitas:  $V$ ,  $F_{ext}$  dan  $T$ . Di sini  $V$  adalah tegangan dihasilkan secara internal,  $F_{ext}$  adalah gaya mekanis yang diterapkan secara eksternal dan  $T$  adalah ketebalan panjang sumbu dari silinder atau piringan (Porcelli and Filho, 2018).

Rumus berikut mewakili hubungan yang disebutkan diatas:

$$g_{33} = \frac{VT}{F_{ext}} \quad (2.2)$$



Gambar 2. 2 Bentuk Fisik Piezoelektrik

Sumber : Hendry Ade, 2020

## 2.2 Gaya

Dalam ilmu fisika, gaya adalah interaksi apa pun yang dapat mengakibatkan perubahan dalam gerakan sebuah benda yang memiliki massa, baik dalam hal arah atau konstruksi geometrisnya. Dengan kata lain, gaya mampu mengubah kecepatan benda tertentu yang dimilikinya. Perubahan dalam kecepatan ini dapat berupa peralihan dari keadaan diam menjadi bergerak, penambahan kecepatan (akselerasi), atau perlambatan kecepatan.

Gaya memiliki dua karakteristik penting, yaitu besarnya (*magnitude*) dan arahnya sehingga dapat dianggap sebagai besaran vektor. Dalam satuan metrik (SI), gaya disimbolkan dengan huruf  $F$  dan satuan ukurnya adalah Newton (disingkat dengan  $N$ ). Gaya gesek memiliki simbol yang berbeda yaitu  $F_s$  untuk gaya statis dan  $F_k$  untuk gaya kinetis, tergantung pada kondisi yang ada.

Hukum kedua Newton menyatakan bahwa gaya total yang bekerja pada suatu benda sama dengan laju perubahan momentum benda tersebut terhadap waktu. Jika massa benda tetap, hukum ini menyatakan bahwa percepatan benda sebanding dengan gaya yang bekerja pada benda itu dan arahnya sejajar dengan arah gaya tersebut. Dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$F = m \cdot a \quad (2.3)$$

dimana  $F$  adalah gaya,  $m$  adalah massa, dan  $a$  adalah percepatan.

## 2.3 Energi Potensial

Energi potensial adalah salah satu jenis energi yang terdapat di bumi. Energi potensial merupakan energi yang dimiliki oleh suatu benda akibat pengaruh tempat atau kedudukan dari benda tersebut. Satuan energi dalam sistem internasional (SI) adalah joule (Kurniawan, Sutoyo and Hartono, 2020).

Rumus untuk energi potensial adalah sebagai berikut.

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad (2.4)$$

Dimana  $E_p$  adalah energi potensial,  $m$  adalah massa dalam kg,  $g$  adalah gravitasi, dan  $h$  adalah ketinggian dalam m atau cm.

#### **2.4 Energi Kinetik**

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh suatu benda yang bergerak atau berpindah, energi kinetik dipengaruhi oleh faktor kecepatan dan massa benda. Setiap benda yang memiliki kecepatan maka benda tersebut memiliki energi kinetik (Kurniawan, Sutoyo and Hartono, 2020). Rumus untuk energi kinetik adalah sebagai berikut.

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (2.5)$$

Dimana  $E_K$  adalah energi kinetik,  $m$  adalah massa dalam kg, dan  $v$  adalah kecepatan dalam satuan m/s.

#### **2.5 Tekanan**

Tekanan adalah gaya yang bekerja pada setiap satuan luas permukaan suatu benda. Dalam hal ini, tekanan didefinisikan sebagai gaya yang bekerja per satuan luas, sehingga satuan tekanan sama dengan satuan tegangan (stress). Gaya yang bekerja pada zat padat dapat berasal dari gaya yang bekerja secara vertikal pada suatu benda (Yulianti, Hamimi and Rahmagusviana, 2021).

$$p = \frac{F}{A} \quad (2.6)$$

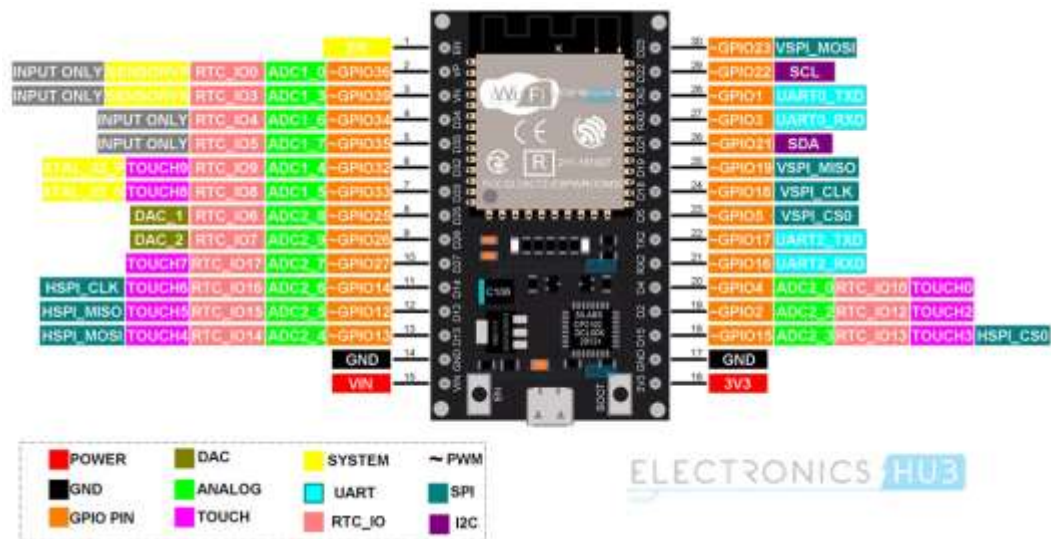
Dimana  $p$  adalah tekanan dengan satuan  $N/m^2$ ,  $F$  adalah gaya dengan satuan N, dan  $A$  adalah luas alas dengan satuan  $m^2$  atau  $cm^2$

## **2.6 Mikrokontroler**

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang terintegrasi dalam sebuah chip IC (Integrated Circuit) dan dirancang untuk menjalankan tugas atau operasi tertentu. Secara dasar, IC Mikrokontroler terdiri dari satu atau lebih inti prosesor (CPU), memori (RAM dan ROM), serta perangkat I/O yang dapat diprogram. Penggunaannya umumnya diterapkan pada perangkat yang memerlukan pengendalian otomatis, seperti sistem kendali mesin kendaraan, perangkat medis di rumah sakit, dan peralatan elektronik lainnya. Mikrokontroler hanya akan berfungsi sesuai dengan program perintah yang telah dimuat ke dalamnya (Maariz, 2021).

## **2.7 NodeMCU ESP32**

NodeMCU ESP32 adalah mikrokontroler yang diperkenalkan oleh Espressif Systems, yang merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Keunggulan utama dari mikrokontroler ESP32 dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya termasuk jumlah pin yang lebih banyak, peningkatan jumlah pin analog, memori yang lebih besar, kehadiran Bluetooth 4.0 low energy, dan dukungan WiFi yang memungkinkan aplikasi Internet of Things (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 (Suriana, Setiawan and Graha, 2022).



Gambar 2. 3 Pinout ESP32

Sumber : <https://www.electronicshub.org/getting-started-with-esp32/>

Pada Tabel 2.1 berikut merupakan spesifikasi dari NodeMCU ESP32:

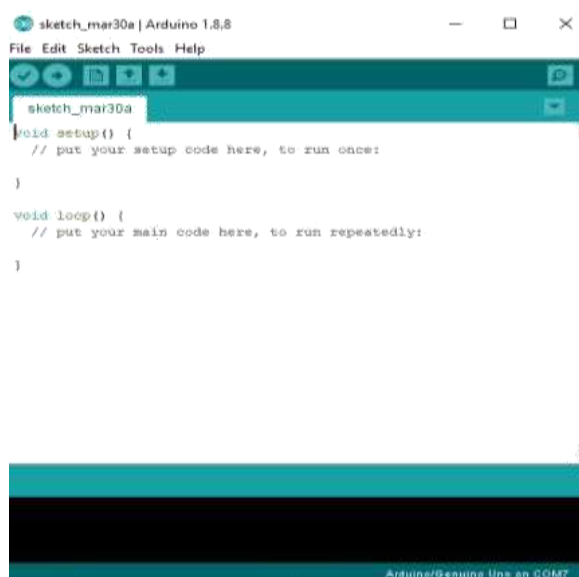
Tabel 2. 1 Spesifikasi NodeMCU ESP32

Mikrokontroler	: Tensilica Xtensa LX6 Dual-Core 32-bit
Tegangan sumber	: 3.3 Volt
Input tegangan yang direkomendasikan	: 7-12 Volt
Flash Memory	: 4 MB
SRAM	: 520 KB
Clock Speed	: 240 MHz
WIFI	: 802.11 b/g/n (2.4 GHz)
Bluetooth	: Bluetooth Low Energy (BLE) v4.2
GPIO	: 34
ADC	: 12-bit, 15 channel
DAC	: 8-bit, 2 channel

## 2.8 Arduino IDE

Dalam menuliskan kode sumber di butuhkan Arduino IDE, dimana Arduino IDE inimerupakan program untuk menuliskan kode sumber kedalam mikrokontroler arduino dan bahasa pemrogramannya sendiri merupakan penggabungan antara bahasa C dan Java dikarenakan struktur bahasa pemrograman dan penggunaan library yang mirip dengan C dan Java. Software Arduino IDE terdiridari 3 (tiga) bagian:

- 1) Uploader, modul yang berfungsi memasukan kode biner ke dalam memori mikrokontroler
- 2) Editor program, untuk menulis dan mengedit program. Listing program pada Arduino disebut sketch.
- 3) Compiler, modul yang berfungsi mengubah bahasa processing (kode program) kedalam kode biner karena kode biner adalah satu-satunya bahasa pemrograman yang dipahami oleh mikrokontroler.



Gambar 2. 4 Arduino IDE

Untuk struktur perintah pada arduino secara garis besar terdiri dari dua bagian yaitu void setup dan void loop. Void setup ini berisi perintah yang akan di eksekusi hanya satu kali sejak arduinodi hidupakan sedangkan void loop berisi perintah yang akan di eksekusi berulang - ulang selama arduino di hidupakan (Kwaar and Najoan, 2020).

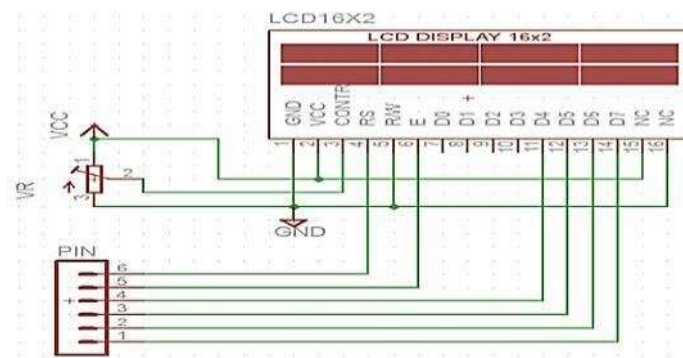
## 2.9 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (*Liquid Crystal Display*) atau Display Kristal Cair adalah jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai elemen utamanya. LCD 16x2, sebagai contoh, terdiri dari 16 kolom dan 2 baris karakter atau tulisan. LCD



difungsikan untuk berbagai tujuan seperti menampilkan nilai dari sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu dalam aplikasi mikrokontroler. (Veronika Simbar and Syahrin, 2017).

Modul *LCD* yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol *I2C/IIC* (*Inter Integrated Circuit*) atau *TWI* (*Two Wire Interface*). Normalnya, modul *LCD* dikendalikan secara paralel baik untuk jalur data maupun kontrolnya.



Gambar 2. 5 Arsitektur LCD 16X2

Sumber : (Andreyanto *et al.*, 2019)



Gambar 2. 6 LCD 16X2

Adapun konfigurasi kaki pin dari *LCD I2C 16x2*, dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2. 2 Pin dan fungsi *LCD 16x2*  
(Data and Ratings, 2016)

<i>Pin</i>	<i>Symbol</i>	<i>Function</i>
1	Vss	GND
2	Vdd	+3V / +5V
3	Vo	<i>Contrast Adjustment</i>
4	RS	<i>H/L Register Select Signal</i>
5	RW	<i>H/L Read/Write Signal</i>
6	E	<i>H→Enable Signal</i>
7	DB0	<i>H/L Data Bus Line</i>
8	DB1	<i>H/L Data Bus Line</i>
9	DB2	<i>H/L Data Bus Line</i>
10	DB3	<i>H/L Data Bus Line</i>
11	DB4	<i>H/L Data Bus Line</i>
12	DB5	<i>H/L Data Bus Line</i>
13	DB6	<i>H/L Data Bus Line</i>
14	DB7	<i>H/L Data Bus Line</i>
15	A	<i>+4.2V for LED/ Negative Voltage Output</i>
16	K	<i>Power Supply for B/L (0V)</i>

Penjelasan dari pin-pin *LCD* dapat diterangkan sebagai berikut :

1. Pin 1 dan 2

Pin 1 dan 2 merupakan sambungan catu daya. Pin Vdd dihubungkan dengan tegangan positif catu daya, dan Vss pada 0V atau *ground*. Tegangan yang dihubungkan maksimal 5.5Vdc, beberapa modul bahkan dapat beroperasi dengan tegangan 3Vdc.

2. Pin 3

Pin 3 merupakan pin kontrol Vee, yang digunakan untuk mengatur kontras *display*. Idealnya pin ini dihubungkan dengan tegangan yang bisa diubah untuk memungkinkan pengaturan terhadap tingkatan kontras *display* sesuai dengan kebutuhan, pin ini dapat dihubungkan dengan *variable resistor* sebagai pengatur kontras.

### 3. Pin 4

Pin 4 merupakan *Register Select* (RS), masukan yang pertama dari tiga *command control input*. Dengan membuat RS menjadi *high*, data karakter dapat ditransfer dari dan menuju modulnya.

### 4. Pin 5

*Read/Write* (R/W), untuk memfungsikan sebagai perintah *write* maka R/W *low* atau menulis karakter ke modul. R/W *high* untuk membaca data karakter atau informasi status dari *register*-nya.

### 5. Pin 6

*Enable* (E), input ini digunakan untuk transfer aktual dari perintah-perintah atau karakter antara modul dengan hubungan data. Ketika menulis ke *display*, data ditransfer hanya pada perpindahan *high* atau *low*. Tetapi ketika membaca dari *display*, data akan menjadi lebih cepat tersedia setelah perpindahan dari *low* ke *high* dan tetap tersedia hingga sinyal *low* lagi.

### 6. Pin 7-14

Pin 7 sampai 14 adalah delapan jalur data/data bus (D0 sampai D7) dimana data dapat ditransfer ke dan dari *display*.

### 7. Pin 16

Pin 16 dihubungkan ke dalam tegangan 5 V untuk memberi tegangan dan menghidupkan lampu latar atau *Backlight LCD*.

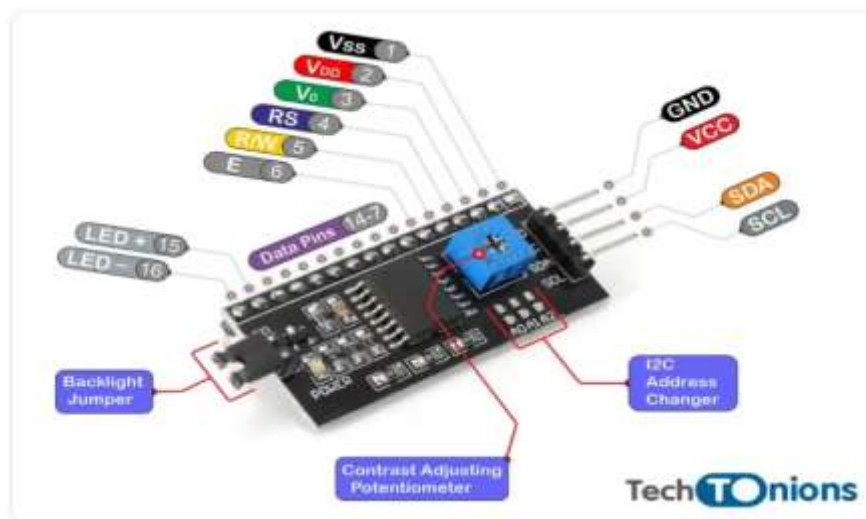
Pengalamatan layar *LCD* dimulai ketika modul *LCD* dihidupkan, karakter kursor pada layar *LCD* ditempatkan di awal baris pertama (alamat 00H). Setiap kali sebuah karakter dimasukkan, kursor berpindah ke alamat berikutnya 01H, 02H, dan seterusnya. Alamat awal baru pindah ke alamat berikutnya, itu harus dimasukkan

sebagai perintah. Saat mengirim perintah untuk mengatur alamat tampilan, nilainya adalah 80H. Dengan dua baris karakter, baris pertama karakter dimulai di alamat 00H dan baris kedua di alamat 40H. Ruang memori layar LCD 16x2 ditunjukkan pada Gambar 2. 7.

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

Gambar 2. 7 Pengalamatan LCD  
(Data and Ratings, 2016)

### 2.9.1 Module I2C LCD



Gambar 2. 8 Module I2C LCD

Sumber : <https://www.techtonions.com/>

Modul I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang dirancang khusus untuk mengirim dan menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data) yang membawa informasi data antara perangkat I2C menggunakan pengontrolnya. Perangkat yang terhubung dengan sistem I2C Bus dapat beroperasi sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* berarti perangkat yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan

membentuk sinyal *Start*, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan menghasilkan sinyal clock. *Slave* adalah perangkat yang dialamatkan oleh master (Atmoko *et al.*, 2015).

Adapun spesifikasi dari Modul I2C LCD, dapat dilihat pada tabel 2.3:

Tabel 2. 3 Spesifikasi Modul I2C LCD

No	Nama	Spesifikasi
1	Tegangan kerja	VCC, GND, DO, AO
2		Mendukung protokol I2C, coding lebih singkat
3		Dilengkapi Trimpot pengatur lampu dan kontras layar
4		Hanya 4 pin utk pengendalian (SDA, SCL, VCC dan GND)
5	<i>Device address</i>	0x27 atau 03xF
6		Dapat digunakan untuk LCD 16x2 ataupun 20x4
7	Ukuran	41.5x19x15.3mm