

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Ayam Pedaging**

Peternakan merupakan salah satu menggunakan penyuplai pangan terbesar setelah pertanian. Peternakan adalah sumber pangan protein hewani yang menghasilkan banyak manfaat bagi masyarakat. Peternakan unggas telah memberikan kontribusi besar bagi perekonomian banyak negara dan ketahanan pangan global termasuk ayam pedaging. Menjaga kualitas udara dan suhu dalam kandang sangat penting guna menjaga kualitas unggas serta telur yang akan di produksi. Suhu dan kualitas udara sangat penting dikarenakan kondisi iklim yang tidak menentu sehingga timbul penyakit, contohnya bakteri bahkan virus yang diakibatkan oleh pengaruh suhu dalam kandang yang tertutup. Suhu yang dibutuhkan ayam tipe broiler pada kandang adalah 30°C-34°C dan kelembabannya adalah 50%-60%. Kelembapan udara yang tinggi dapat mempengaruhi kesehatan ternak yang berkaitan dengan fungsi pernafasan, pertumbuhan parasit dan penyakit ternak yang dapat merugikan petani/ peternak. Hal tersebut berdampak pada produktivitas dan bahkan dapat berujung pada kematian. Perbandingan metode ini dengan peternakan tradisional adalah lebih efisien, mampu adaptasi, dan manfaat lainnya. Selain dari memecahkan persoalan akan kebutuhan lahan ketika luasan lahan justru menyempit, maka digunakannya kandang agar berternak masih bisa dilakukan walaupun lahan terbatas.[3]



**Gambar 2. 1** Ayam Pedaging

*(sumber : Alia Hurul Aini, Yuliarman Saragih, dan Rahmat Hidayat, 2021)*

### 2.1.1 Syarat Kondisi Lingkungan Kandang

Kondisi Lingkungan pada fase pembesaran ini dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan suhu ideal ayam broiler menurut ISA Brown Management Guide (2009), pada usia 3 – 5 minggu suhu tertinggi ayam broiler adalah 28 °C dan suhu terendah adalah 22 °C. Namun suhu tersebut merupakan suhu Standar Internasional sehingga kurang sesuai dengan suhu di Indonesia yang memiliki suhu lebih tinggi. Menurut PT Farmadika Sejahtera Indonesia, suhu standar bagi ayam broiler usia 3 – 5 minggu adalah 34°C – 28 °C. Kisaran suhu tersebut lebih cocok dengan kondisi lingkungan di Indonesia. Tabel 2.1 berikut merupakan kondisi lingkungan sebagai syarat untuk pembibitan ayam di dalam kandang.[4]

**Tabel 2. 1** Syarat Kondisi Lingkungan Kandang

(sumber : Nadzir, Ahmad Tusi, Agus Haryanto, 2015)

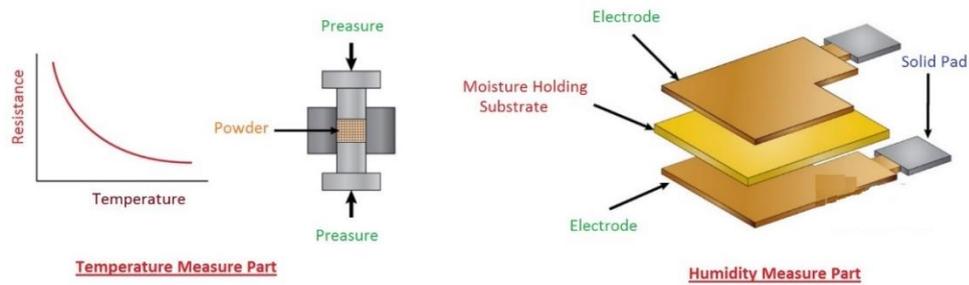
Umur (Minggu)	Hasul Pengukuran di dalam sekat		Kondisi Lingkungan Kandang Ideal (ISA)		Suhu Standar Kandang
	Temp °C	Humidity %	Temp °C	Humidity %	Temp°C
1	35 - 31	67 - 70	32 – 30	60 – 70	34 – 32
2	32 - 29	67 - 70	32 - 28	60 – 70	34 – 32

Keterangan: (ISA) ISA Brown Manual Guide (2009)

### 2.2 Sensor DHT22

DHT22 merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan pada lingkungan, baik itu perubahan mekanis, panas, cahaya dan lain sebagainya. Sensor terdiri dari bagian pemancar dan bagian penerima. Dalam lingkup robotika, sensor memberikan kesamaan fungsi seperti indera pada manusia.

DHT-22 adalah chip tunggal kelembaban relatif dan multi sensor suhu yang terdiri dari modul yang dikalibrasi keluaran digital. Pada pengukuran suhu data yang dihasilkan 14 bit, sedangkan untuk kelembaban data yang dihasilkan 12 bit. Keluaran dari DHT-22 adalah digital sehingga untuk mengaksesnya diperlukan pemrograman dan tidak diperlukan pengkondisian sinyal atau (ADC).



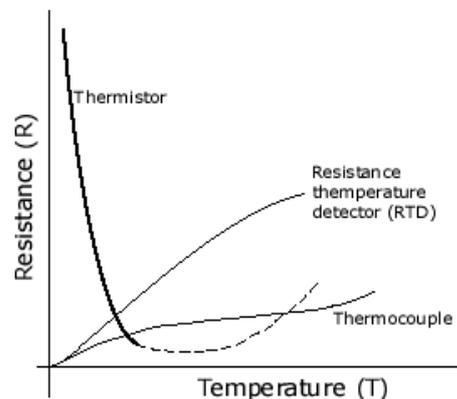
**Gambar 2. 2** Prinsip Kerja Suhu dan Kelembapan pada DHT22

(sumber: Anesa Filda Khairani, Ratnawulan, 2019)

DHT-22 terdiri dari komponen penginderaan kelembapan, sensor suhu NTC (atau termistor) dan IC di sisi belakang sensor.

**Kelembapan:** Untuk mengukur kelembapan mereka menggunakan komponen penginderaan kelembapan yang memiliki dua elektroda dengan substrat penahan kelembapan di antaranya. Jadi saat kelembapan berubah, konduktivitas substrat berubah atau resistansi antara elektroda ini berubah.

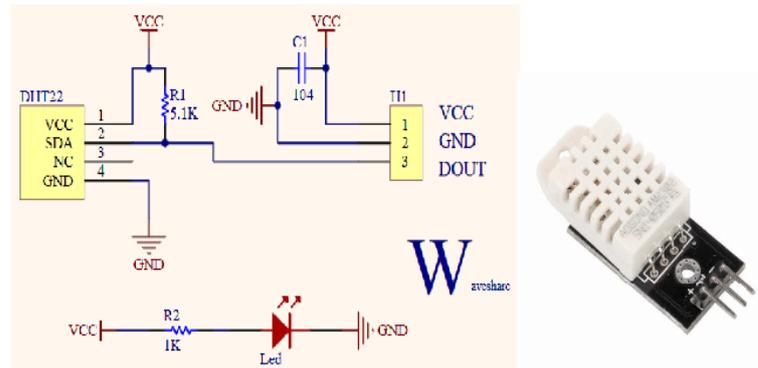
**Suhu:** Sedangkan untuk mengukur suhu sensor ini menggunakan sensor suhu NTC atau thermistor. Termistor sebenarnya adalah resistor variabel yang mengubah resistansinya dengan perubahan suhu. Sensor ini dibuat dengan sintering bahan semikonduktif seperti keramik atau polimer untuk memberikan perubahan resistansi yang lebih besar hanya dengan perubahan suhu yang kecil.[5]



**Gambar 2. 3** Karakteristik Termistor pada DHT22

(sumber: Anesa Filda Khairani, Ratnawulan, 2019)

Bentuk fisik sensor DHT22 bisa dilihat pada **Gambar 2.2**



**Gambar 2. 4** Sensor DHT22

(sumber : Budi Herdiana, Muhammad Habibi Barkatullah, 2018)

**Tabel 2. 2** Spesifikasi sensor suhu kelembaban DHT22:

1	Tegangan input	3,3-6 VDC
2	Sistem komunikasi	Serial (single-wire two way)
3	Range suhu	-40°C - 80°C
4	Range kelembaban	0% - 100% RH
5	Akurasi	±2°C (temperature) ±5% RH

**Tabel 2. 3** Tabel pin Sensor DHT-22

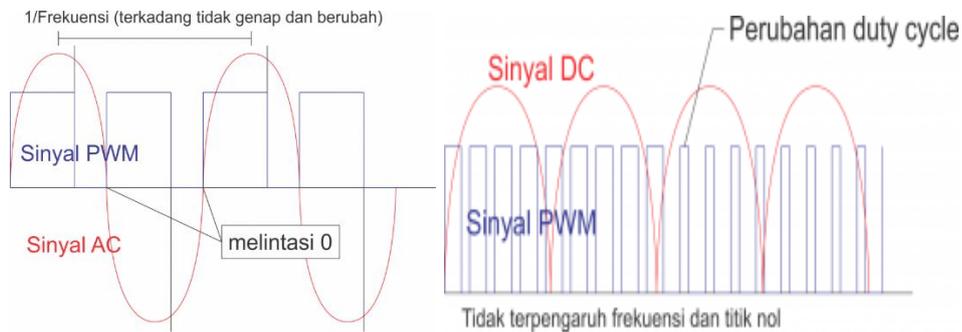
Number pin	description
1	vcc
2	Data
3	NC
4	GND

### 2.3 AC Light Dimmer Module

AC *Dimmer* dirancang untuk mengontrol tegangan arus bolak-balik, yang dapat mentransfer arus hingga 600V / 16A. Dalam kebanyakan kasus, *Dimmer* digunakan untuk menyalakan / mematikan daya untuk lampu atau elemen pemanas, juga dapat digunakan pada kipas, pompa, pembersih udara, dll.

Akhir-akhir ini, *Dimmer* telah menjadi keputusan yang sering digunakan untuk sistem *smart home*. Misalnya, saat Anda perlu mengubah kecerahan cahaya

dengan baik. Lampu perlahan-lahan **MENYALA** atau **MATI**, menciptakan suasana yang nyaman. Peredup bekerja paling efektif dengan lampu filamen. Ini kurang stabil dengan lampu LED yang dapat diredupkan dengan kecerahan rendah, tetapi dengan kecerahan sedang dan tinggi akan berfungsi dengan baik. Perhatikan bahwa lampu luminescent (lampu pelepasan gas) tidak mendukung peredupan.[6]



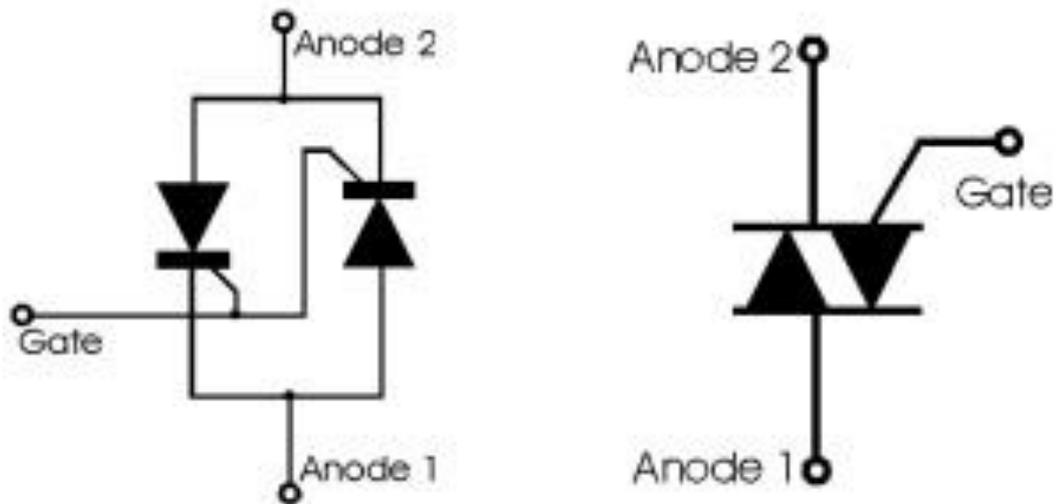
**Gambar 2. 5** Pendeteksian Nilai Nol

(sumber: Asep Kurniawan, 2020)

1. Waktu penyalaan, sinyal bolak-balik (AC) senantiasa bergerak naik dan turun, maka sinyal pengontrol PWM haruslah dimulai saat sinyal AC meninggalkan nilai nol
2. Frekuensi AC, Sinyal pengontrol PWM juga harus memiliki frekuensi tepat dengan frekuensi sinyal AC (listrik)

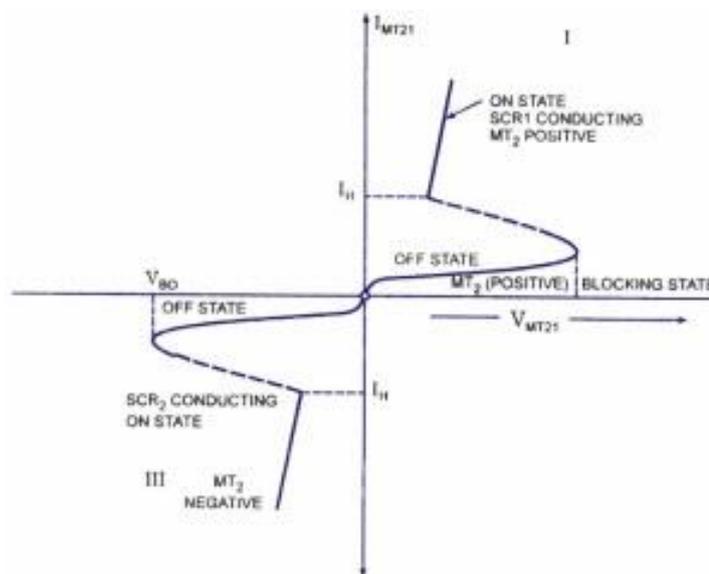
### 2.3.1 TRIAC

TRIAC adalah salah satu *thyristor* yang memiliki karakteristik *bidirectional*. Karakter bidirectional tersebut karena TRIAC dapat mengalirkan arus dalam 2 arah dari Anoda ke Katoda atau sebaliknya dari Katoda ke Anoda. TRIAC dapat mengalirkan arus listrik 2 arah (*bidirectional*) karena struktur TRIAC seperti 2 buah SCR yang arahnya bolak-balik kemudian dijadikan satu dengan gate disatukan seperti ditunjukkan pada gambar struktur dan simbol TRIAC.[7]



**Gambar 2. 6** Struktur Dan Simbol TRIAC

(sumber: Suprianto, 2015)

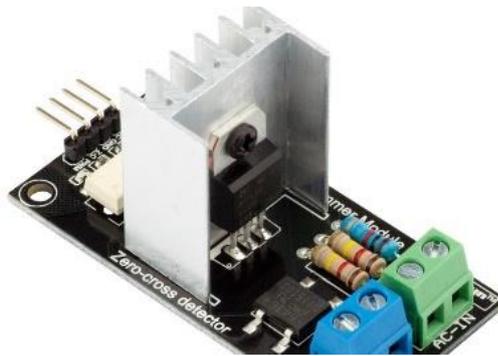
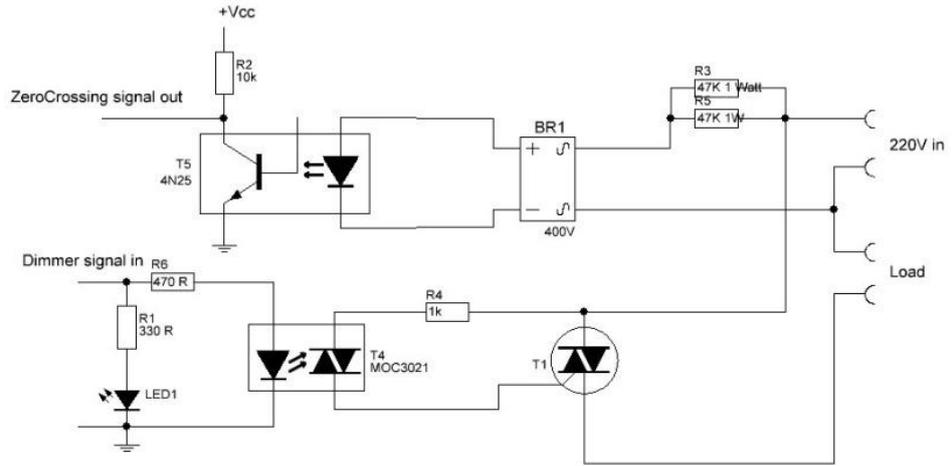


**Gambar 2. 7** Kurva Karakteristik TRIAC

Kelebihan TRIAC diantaranya adalah :

- Dapat mengalirkan arus listrik dalam 2 arah.
- Dapat digunakan untuk mengendalikan tegangan listrik AC (Alternating Current)
- Dapat digunakan sebagai interface antara sistem kendali digital dengan beban dengan tegangan kerja AC

Bentuk fisik AC Light Dimmer Module pada **Gambar 2.6** dibawah.



**Gambar 2. 8** AC Light Dimmer Module

(sumber: Asep Kurniawan, 2018)

**Tabel 2. 4** Spesifikasi AC Light Dimmer Module:

(sumber: Asep Kurniawan, 2020)

1	Input Voltage Range	100-240V AC
2	Load Current	[Maximum Current in Amperes]
3	Power Handling Capacity	[Maximum Power in Watts]
4	Frequency	50Hz / 60Hz
5	Dimming Range	0% - 100%

## 2.4 Software Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah software yang digunakan untuk memprogram di arduino, dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk memprogram board arduino. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA dan dilengkapi dengan library C atau C++ yang membuat operasi input dan output menjadi lebih mudah. Arduino IDE dikembangkan yang berawal dari software processing menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan Arduino.



**Gambar 2.9** Software Arduino IDE

*(Sumber: Dokumen Penulis)*

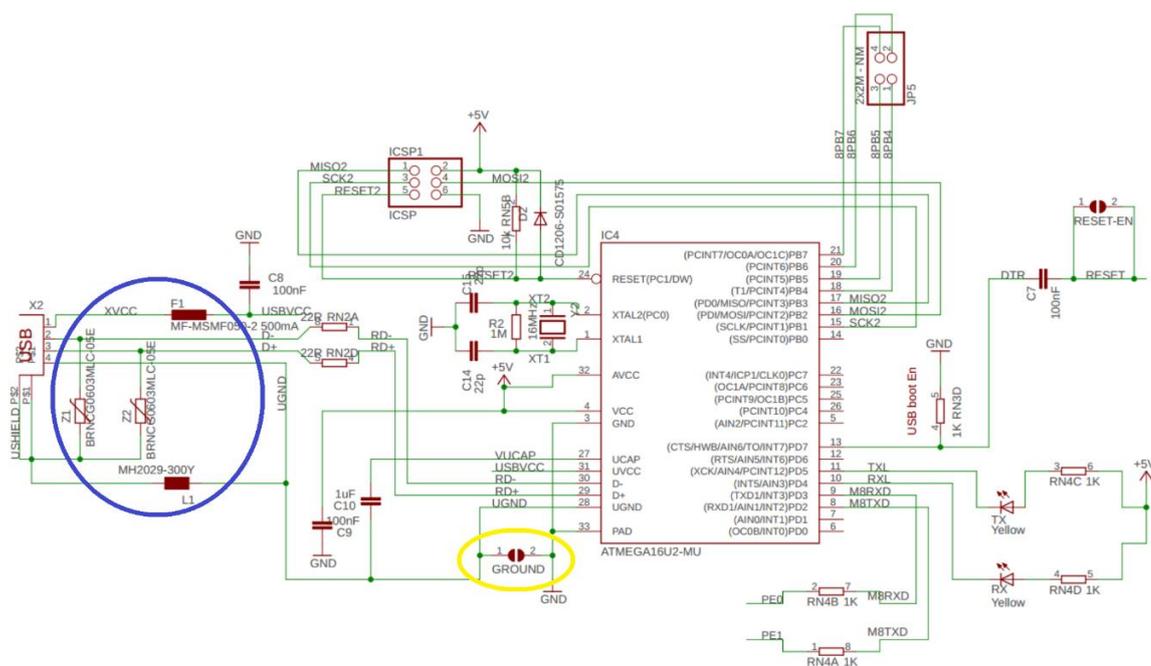
## 2.5 Arduino Mega 2560

Arduino Mega dengan IC Atmega128 sebagai mikrokontroler. Mikrokontroler ATmega 2560 merupakan mikrokontroler keluarga AVR yang mempunyai kapasitas flash memori 256KB. AVR (Alf and Vegard's Risc Processor) merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan ATMEL inc. Board Arduino 2560 adalah sebuah board arduino yang menggunakan ic Mikrokontroler ATmega 2560. Board ini memiliki pin I/O yang relative banyak, 54 digital input / outpun, 15 buah di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM, 16 buah analog input, 4 UART. Arduino Mega 2560 di lengkapi juga dengan 16 Mhz untuk penggunaan relatif sederhana tinggal menghubungkan power dari USB ke PC atau Laptop / melalui Jack DC pakai adaptor 7-12 VDC. Dibawah ini adalah bentuk fisik dari arduino mega 2560 **Gambar 2.9**[8]



**Gambar 2. 10** Arduino Mega 2560

(sumber : Kartiria, Erhaneli, Cicha Yohana Windra, 2021)



**Gambar 2. 11** Skematik Arduino Mega 2560

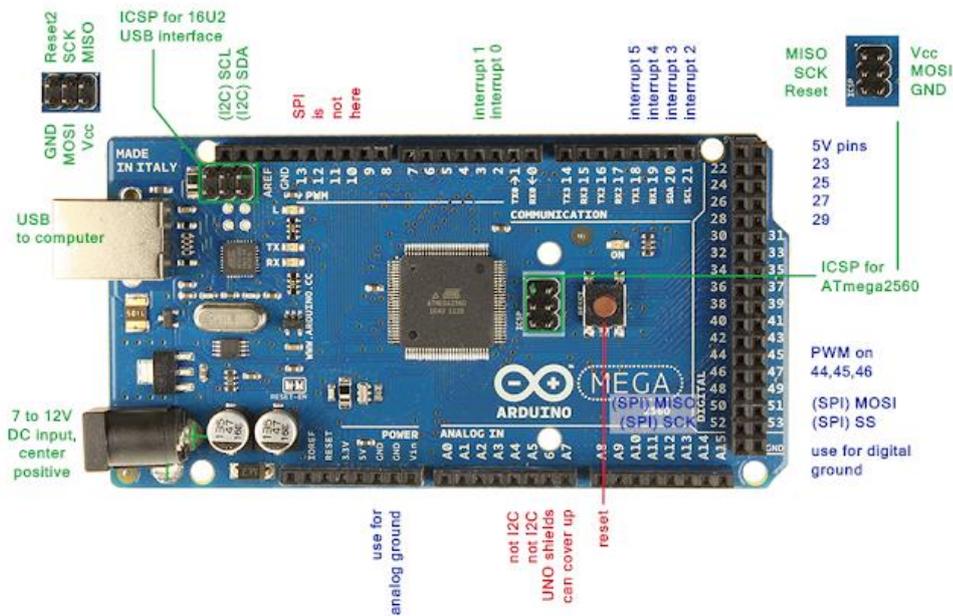
(sumber : Kartiria, Erhaneli, Cicha Yohana Windra, 2021)

**Tabel 2. 5** Tabel Spesifikasi Arduino Mega 2560

(sumber : Hendriono dede, 2020)

Tegangan Operasi	5V
Input Voltage	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V

Pin Digital I/O	54 (yang 15 pin digunakan sebagai output PWM)
Pins Input Analog	16
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Flash Memory	256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz



**Gambar 2. 12** Pin Layout Arduino Mega 2560

(sumber : Hendriono dede, 2020)

**Tabel 2. 6** Konfigurasi Pin Arduino Mega 2560

POWER	5V: 2 PIN GND: 4 PIN RESET V IN
ANALOG	A0-A15

DIGITAL	PIN 22- PIN 53
COMMUNICATION	RX0: PIN 1 TX0: PIN 2 RX1: PIN 19 TX1: PIN 18 RX2: PIN 17 TX2: PIN 16 RX3: PIN 15 TX4: PIN 14 SDA: PIN 20 SCL: PIN 21 SDA I2C SCL I2C
PWM	PIN 2 – PIN 13

### 2.5.1 Sumber daya Arduino Mega 2560

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke ke jack sumber tegangan pada papan. Jika tegangan berasal dari baterai dapat langsung dihubungkan melalui header pin Gnd dan pin Vin dari konektor POWER.

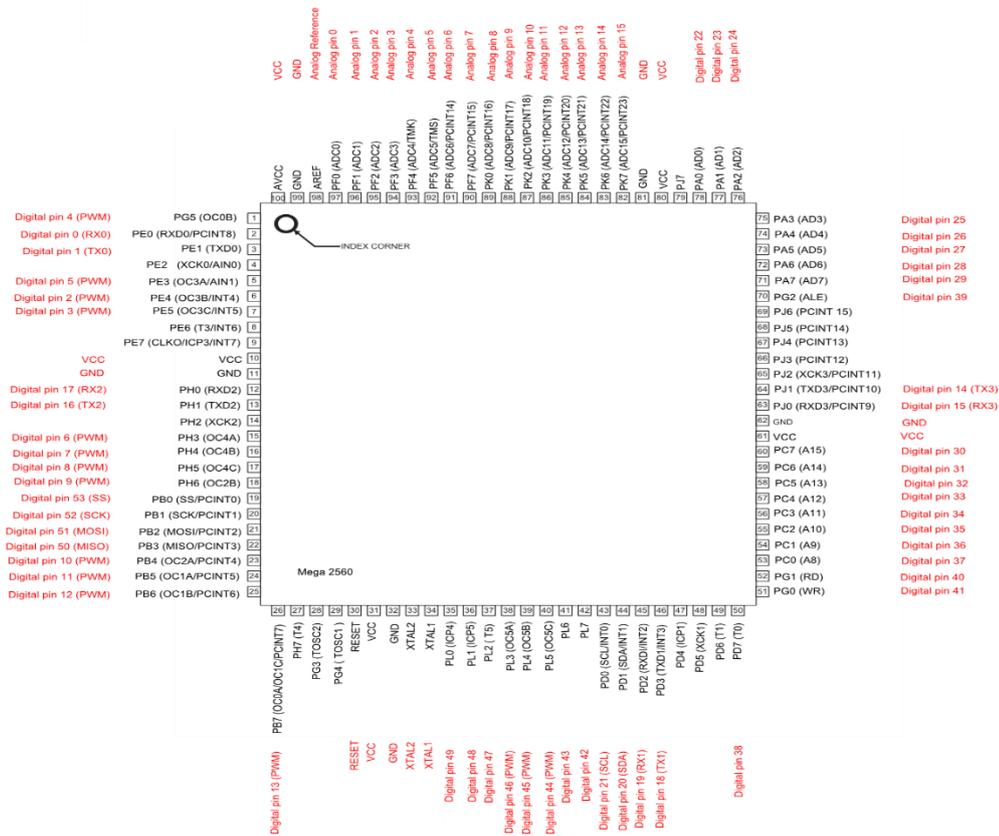
VIN: Adalah *input* tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai ‘saingan’ tegangan 5 Volt dari koneksi USB atau sumber daya ter-*regulator* lainnya).

- 5V: Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-*regulator* 5 Volt.
- 3V3: Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh *regulator* yang terdapat pada papan (*on-board*). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- GND: Pin *Ground* atau *Massa*.

- IOREF: Pin ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada *microcontroller*. Sebuah perisai (*shield*) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (*voltage translator*) pada *output* untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.

### 2.5.2 Pemetaan Pin

Dibawah ini adalah pemetaan pin dari Atmega2560 pada Arduino Mega 2560 **Gambar 2.11**.



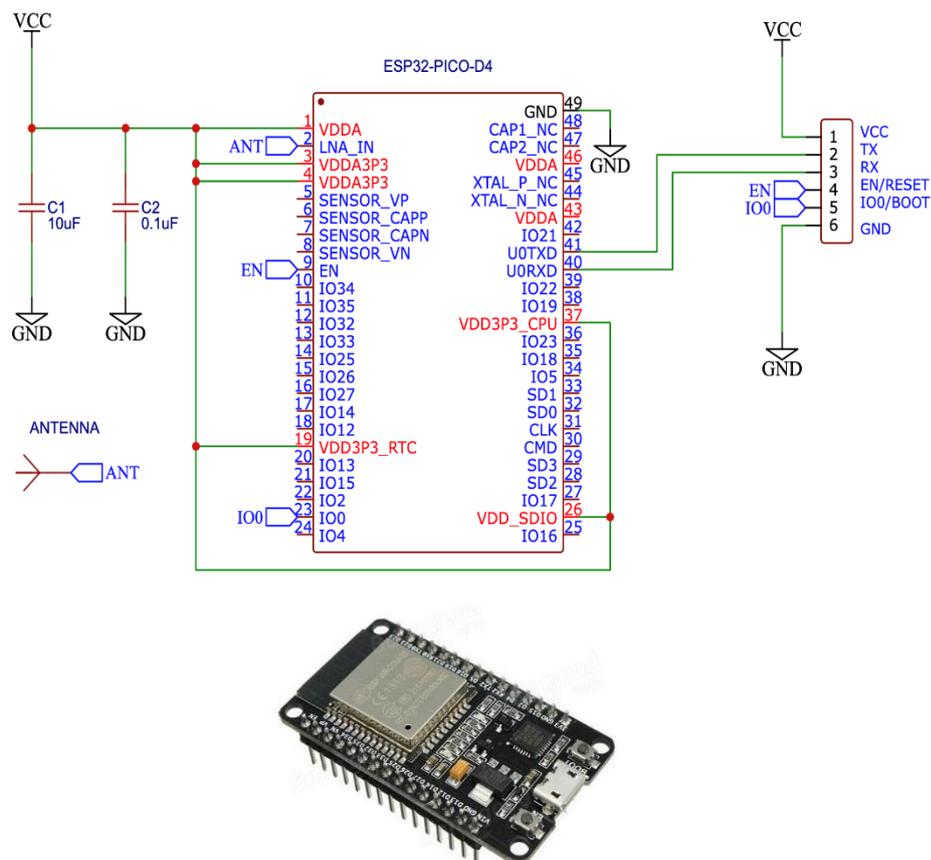
**Gambar 2.13** Pemetaan Pin Atmega2560

(sumber : Hendriono dede, 2020)

## 2.6 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 dikenalkan oleh *Espressif System* yang merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini keluaran terbaru dari

ESP dan berbeda dengan jenis board Arduino misalnya Arduino Nano, Arduino Uno maupun Arduino jenis lainnya. Mikrokontroler ESP32 memiliki keunggulan yaitu sistem berbiaya rendah, dan juga berdaya rendah dengan modul WiFi yang terintegrasi dengan chip mikrokontroler serta memiliki bluetooth dengan mode ganda dan fitur hemat daya menjadikannya lebih fleksibel. ESP32 kompatibel dengan perangkat seluler dan aplikasi IoT (*Internet of Things*). Mikrokontroler ini dapat digunakan sebagai sistem mandiri yang lengkap atau dapat dioperasikan sebagai perangkat pendukung mikrokontroler host[9].



**Gambar 2. 14** ESP32

(Sumber : rifky, ihsan, 2021)

ESP32 adalah chip dengan WiFi 2.4GHz dan bluetooth dengan desain teknologi 40nm yang dirancang untuk daya dan kinerja radio terbaik yang menunjukkan ketahanan, keserbagunaan dan keandalan dalam berbagai aplikasi dan skenario daya. (Espressif, 2019). ESP32 memiliki pin out yang dapat dijadikan input atau output untuk menyalakan LCD, lampu, bahkan untuk menggerakkan motor DC. Pin out tersebut antara lain :

- a. 18 ADC (*Analog Digital Converter*) berfungsi untuk merubah sinyal analog ke digital
- b. 2 DAC (*Digital Analog Converter*, kebalikan dari ADC)
- c. 16 PWM (*Pulse Width Modulation*)
- d. 10 Sensor sentuh
- e. 2 jalur antarmuka UART
- f. Pin antarmuka I2C, I2S, dan SPI

**Gambar 2. 15** Spesifikasi ESP32

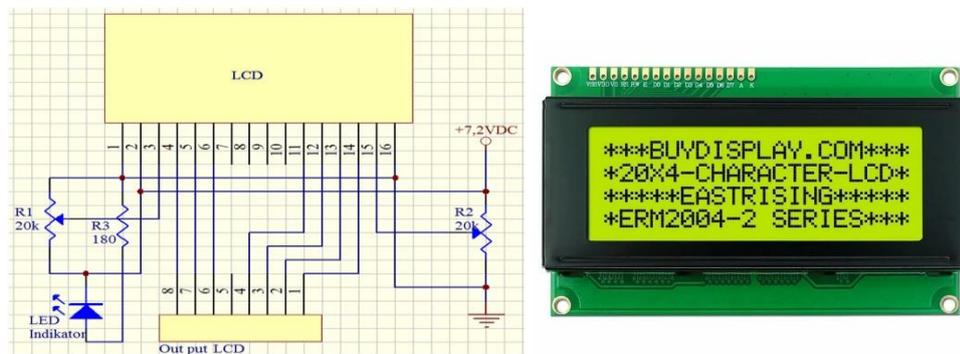
(Sumber : rifky, ihsan, 2021)

Atribut	Detail
CPU	<i>Tensilica Xtensa LX6 32bit Dual-Core di 160/240MHz</i>
SRAM	520 KB
FLASH	2MB (max. 64MB)
Tegangan input	3,6V
Arus Kerja	Rata-rata 80Ma
Dapat Diprogram	Ya (C, C++, Python, Lua, dll)
<i>Open Source</i>	Ya
<b>Konektifitas</b>	
WiFi	802.11 b/g/n
Bluetooth®	4.2BR/EDR + BLE
UART	3
<b>I/O</b>	
<i>GPIO</i>	32
SPI	4
I2C	2
PWM	8
ADC	18 (12-bit)
DAC	1 (8-bit)

## 2.7 Liquid Crystal Display 20x4

Penampil data Liquid crystal display (LCD) 20x4 merupakan komponen elektronika, mempunyai fungsi sebagai penampil karakter, angka, huruh bahkan grafik. CMOS logic adalah salah satu teknologi yang digunakan dalam membuat LCD, di mana teknologi ini memantulkan cahaya yang ada pada sekelilingnya dan tidak menghasilkan cahaya (back-lit). Beberapa campuran organik yang berada pada lapisan kaca bening dan elektroda yang transparan berbentuk seven segment

merupakan komponen dasar dalam pembuatan LCD. Saat di trigger tegangan, maka elektroda aktif dengan medan listrik dan molekul-molekul organik yang beebentuk panjang dan silindris secara otomatis menyesuaikan dengan elektroda pada sevent segmen. Pada sistem pencahayaan, terdapat lapisan sandwich yang memiliki polarizer cahaya dengan bentuk vertical depan dan polarizer cahaya horizontal, dan terdapat juga lapisan reflector yang mengikuti.[10] Pada saat membentuk sebuah karakter yang diinginkan, maka gelombang cahaya yang dipantulkan tidak dapat menembus lapisan molekul yang sudah menyesuaikan serta segmen yang aktif terlihat gelap. Bentuk fisik LCD dapat dilihat pada **Gambar 2.10**. dibawah ini.



**Gambar 2. 16** LCD

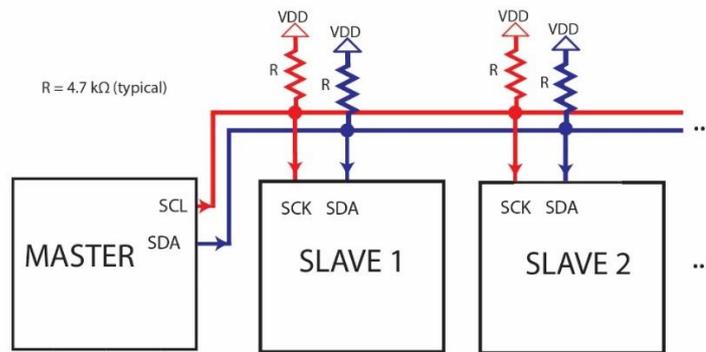
(Sumber : budiman, indra, 2021)

Fungsi pin pada LCD 20x4 terdiri sebagai berikut:

- DB7 – DB0 → jalur bus data, berfungsi sebagai jalur komunikasi untuk mengirim (transmitter) dan menerima (receiver) data dari mikrokontroler ke LCD.
- RS → berfungsi sebagai selector register (register select), memberi logika high (1) untuk register data serta logika 0 (low) sebagai register perintah.
- R/W → mempunyai fungsi untuk menetapkan mode tulis atau baca dari data yang ada pada DB7–DB0. Pemberian mode baca ini dengan logika 1 (high) untuk mode write dan 0 (low) untuk fungsi read.
- Enable (E) → mempunyai fungsi sebagai enable-clock (EC), logika 1 setiap kali pembacaan serta pengiriman informasi/data.

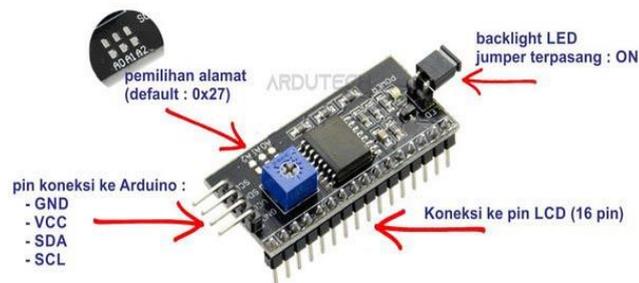
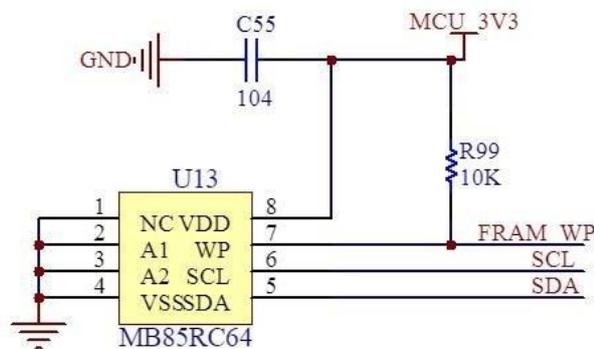
### 2.7.1 I2C (Inter Integrated Circuit)

I2C atau Inter Integrated Circuit dikenal dengan sebutan adalah standar interface yang dapat berkomunikasi dua arah sekaligus. I2C bekerja dengan menggunakan dua saluran terbuat khusus untuk mengontrol integrated circuit (IC). Sistem keseluruhan yang terdapat dalam I2C tersusun atas dua saluran yaitu, saluran SDA (serial data) mempunyai fungsi membawa data atau informasi I2C dengan mikrokontroler dan saluran serial clock line (SCL) untuk menghantarkan sinyal clock.



**Gambar 2. 17** The Inter-Integrated Circuit (I<sup>2</sup>C) Protocol

(sumber: *Budiman, Indra, 2021*)



**Gambar 2. 18** Modul I2C

(Sumber : Budiman, Indra, 2021)

**Tabel 2. 7** Pin LCD (liquid crystal display) I2C

<b>1</b>	<b>GND</b>
<b>2</b>	VCC
<b>3</b>	SDA (serial data)
<b>4</b>	SCL (serial clock)

## 2.8 Relay

Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara otomatis oleh tegangan listrik dan merupakan komponen *electromechanical* yang terdiri dari dua bagian utama yaitu electromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklamnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.[11]

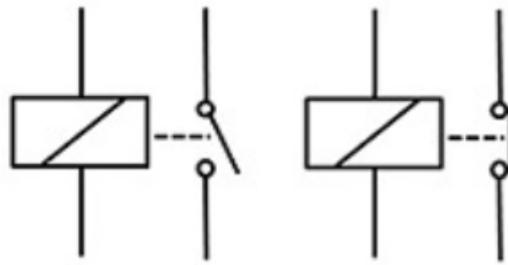


**Gambar 2. 19** Modul Relay

(Sumber: H. Wicaksono,2009)

Kontak poin (contact point) relay terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. Normally Close, yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi close (tertutup).
2. Normally Open, yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi open (terbuka).

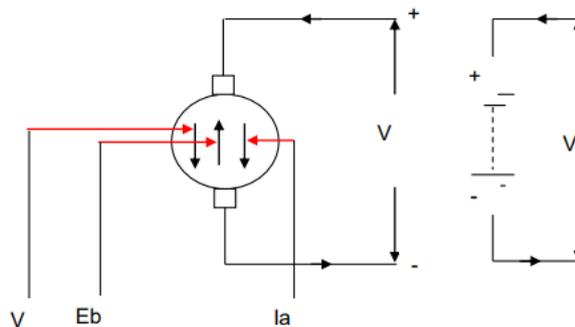


**Gambar 2. 20** (a) Normally Open (b) Normally Close

(Sumber:H. Wicaksono,2009)

## 2.9 Pompa DC

Pompa air DC merupakan jenis pompa yang menggunakan motor dc dan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor, sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor. [12]



**Gambar 2. 21** Rangkaian Ekivalen Motor DC

(T Mmujiono, 2022)



**Gambar 2. 22** Pompa DC

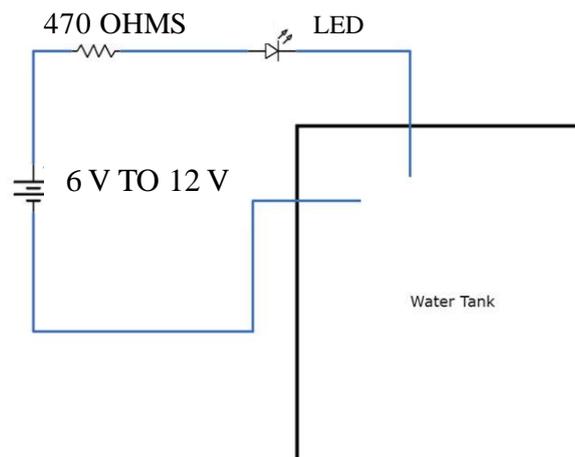
(sumber : T Mujiono, 2022)

Pompa air DC memiliki 3 bagian dasar :

1. Bagian yang tetap/stasioner yang disebut stator. Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektro magnet) ataupun magnet permanen
2. Bagian yang berputar disebut rotor. Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir
3. Gear Box yang dipasang pada pompa. Gear box ini didalamnya terdapat gear yang dipasang pada ujung rotor untuk menghisap air. Gaya elektromagnet pada motor DC timbul saat ada arus yang mengalir pada penghantar yang berada dalam medan magnet. Medan magnet itu sendiri ditimbulkan oleh magnet permanen. Garis-garis gaya magnet mengalir diantara dua kutub magnet dari kutub utara ke kutub selatan.

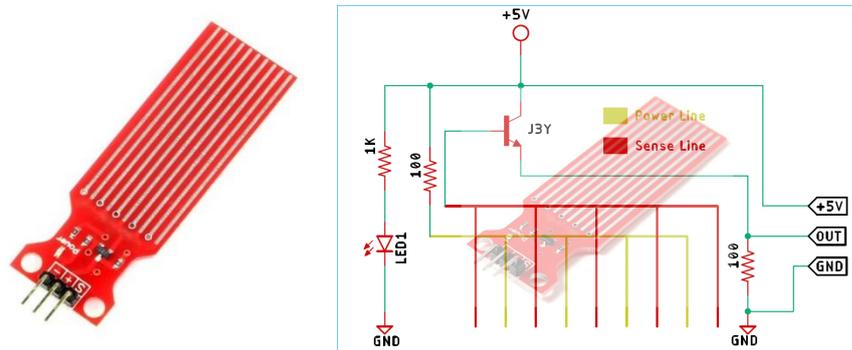
## 2.10 Water Sensor

*Water Level Sensor* K-0135 merupakan alat yang digunakan untuk memberikan signal kepada alarm /automation panel bahwa permukaan air telah mencapai level tertentu. Cara Kerja Sensor, pada saat ketinggian air mencapai batas maksimal dari sensor, maka secara otomatis bandul magnetik akan terangkat juga, dan ketika magnet berada pada level sensor berikutnya maka sensor tersebut akan aktif dan menyalakan lampu atau peralatan lainnya. [13]



**Gambar 2. 23** Prinsip Kerja *Water Sensor*

(sumber: Moh. Fikullah Habibi, 2018)



**Gambar 2. 24** *Water Sensor*

(sumber: Moh. Fikullah Habibi, 2018)

**Tabel 2. 8** PIN *Water Sensor*

(sumber: Moh. Fikullah Habibi, 2018)

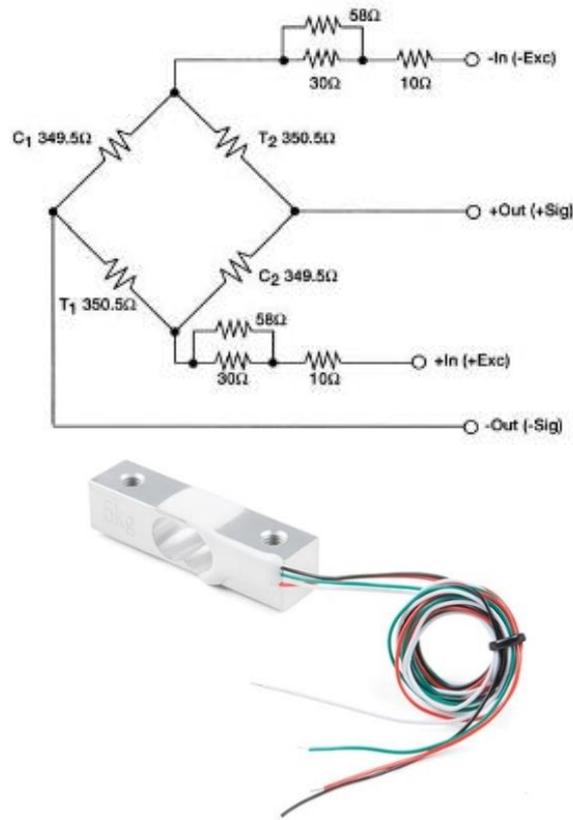
PIN	DEFINITION
-	GND
+	VCC (5V)
S	Analog Output Interface

## 2.11 Load Cell

Sensor *Loadcell* merupakan transduser yang bekerja sebagai konversi dari berat benda menjadi elektrik, perubahan ini terjadi karena terdapat resistansi pada strain gauge. Pada satu sensor *loadcell* memiliki 4 susunan strain. Sensor ini memiliki nilai konduktansinya berbanding lurus dengan gaya/beban yang diterima dan bersifat resistif. Jika *loadcell* tidak ada beban besar resistansi nya akan bernilai sama pada setiap sisinya, tetapi ketika *loadcell* memiliki beban maka nilairesistansinya akan menjadi tidak seimbang. Proses inilah yang dimanfaatkan untuk mengukur berat pada suatu benda.

Sensor yang mengukur berbagai tekanan mengakibatkan terjadinya perubahan resistansi dan di konversikan menjadi elektrik yang nantinya dapat terukur adalah Strain Gauge. Sensor ini terdiri dari selembar kertas tipis seperti

kertas foil logam yang dibentuk menjadi benang-benang halus. Karena sangat sensitif, sensor *loadcell* mampu membaca perubahan gaya mekanik yang sangat kecil.[14]



**Gambar 2. 25** Loadcell 5kg

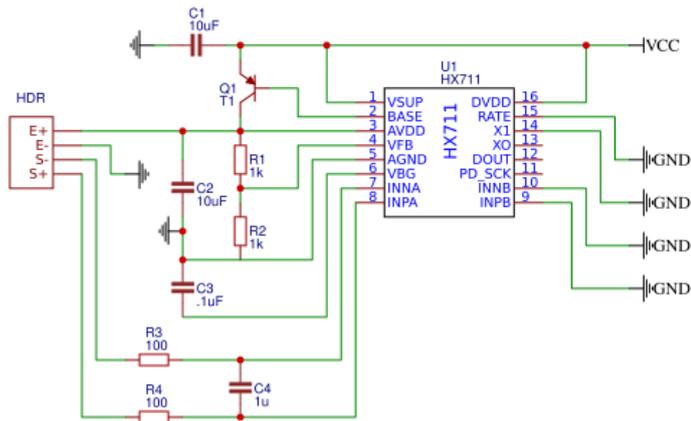
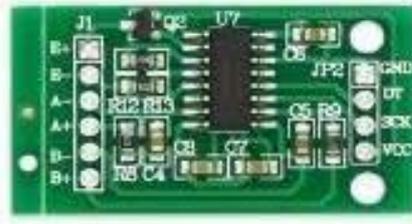
(sumber: Agus Wibowo, Lawrence Adi Supriyono, 2019)

**Tabel 2. 9** Spesifikasi Loadcell 5kg

(sumber: Agus Wibowo, Lawrence Adi Supriyono, 2019)

1	Capacity: 5kg
2	Material: Aluminum-Alloy
3	Parallel Beam Type
4	IP65 Rating
5	55mm x 12.7mm x 12.7mm, 200mm Wire

## 2.12 HX711 Module



**Gambar 2. 26** HX711 Modul

(sumber: Yanuar Mukhammad, A. Santika, Sri Haryuni, 2021)

HX711 adalah sebuah komponen terintegrasi dari “AVIA SEMICONDUCTOR”, HX711 presisi 24-bit analog to digital converter (ADC) yang didesain untuk sensor timbangan digital dalam industrial control aplikasi yang terkoneksi sensor jembatan[14]. HX711 adalah modul timbangan, yang memiliki prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Modul melakukan komunikasi dengan komputer / mikrokontroler melalui TTL232. Struktur yang sederhana, mudah dalam penggunaan, hasil yang stabil dan reliable, memiliki sensitivitas tinggi, dan mampu mengukur perubahan dengan cepat[16]. Spesifikasinya adalah seperti berikut ini.[15]

**Tabel 2. 10** Spesifikasi Load Cell 5kg

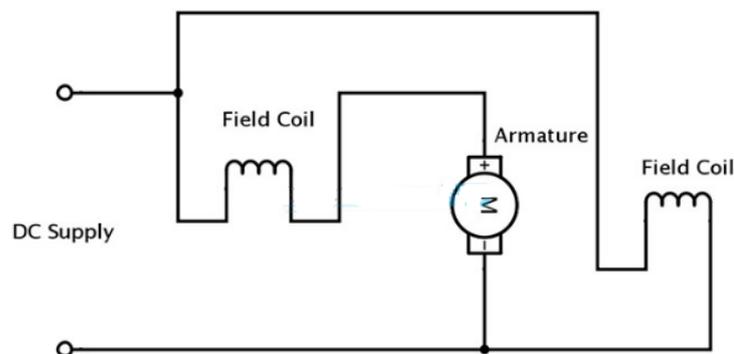
(sumber: Yanuar Mukhammad, A. Santika, Sri Haryuni, 2021)

1	Differential input voltage: $\pm 40\text{mV}$ (Full-scale differential input voltage $\pm 40\text{mV}$ )
2	Data accuracy: 24 bit (24 bit A / D converter chip.)

3	Refresh frequency: 80 Hz
4	Operating Voltage : 5V DC
5	Operating current : <10 mA
6	Size:38mm*21mm*10mm.

### 2.13 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di-set-up atau diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. Motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo.[16]



**Gambar 2. 27** Motor Servo MG996R

(sumber: Ulinnuha Latifa, Joko Slamet Saputro, 2018)

Motor servo tipe MG996R, dengan spesifikasi sebagai berikut:

**Tabel 2. 11** Spesifikasi Motor Servo MG966R

(sumber: *Ulinuha Latifa, Joko Slamet Saputro, 2018*)

<b>Modulasi</b>	Digital
<b>Torsi</b>	4,8V; 130,54 oz-in (9,40 kg/cm) 6,0 V; 152,76 ozin (11,00 kg/cm)
<b>Speed</b>	4,8 V; 0,19 detik/60° ; 6.0 V: 0.15 detik/60°
<b>Weight</b>	1,94 oz (55,0 g)
<b>Dimensions</b>	Length=1,60 in (40,7 mm); width = 0,78 in (19,7 mm); height = 1,69 in (42,9 mm)
<b>Pulse</b>	1 ms

#### 2.14 Fan DC

Fan adalah mengatur volume panas udara agar ruangan yang tidak mengalami suhu panas dan dapat bersirkulasi udara secara normal. Pada umumnya kipas angin dimanfaatkan untuk pendingin udara, penyegar udara, ventilasi (exhaust fan), atau pengering (umumnya memakai komponen penghasil panas). Terdapat dua jenis kipas angin berdasarkan arah angin yang dihasilkan, yaitu kipas angin centrifugal (angin mengalir searah dengan poros kipas) dan kipas angin axial (angin mengalir secara paralel dengan poros kipas).[11]

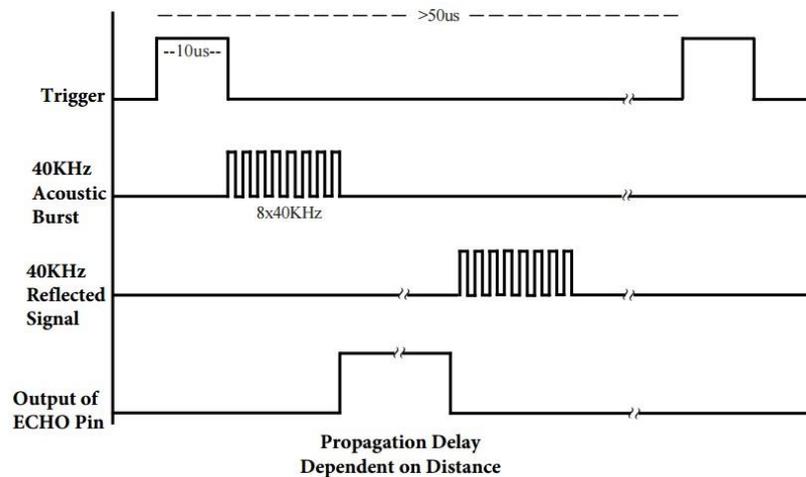


**Gambar 2. 28** Fan DC

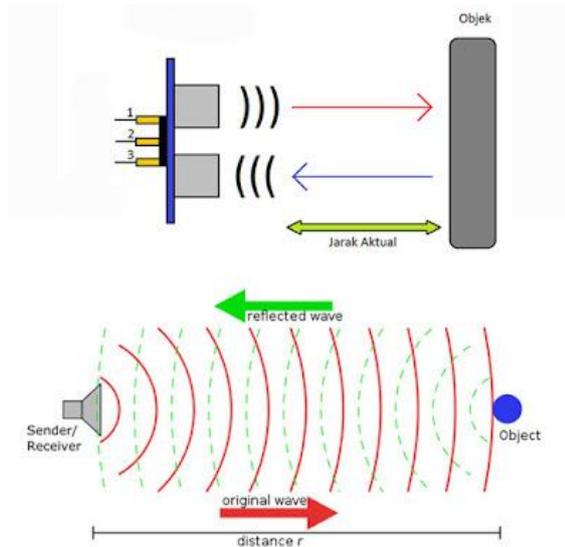
(sumber: *Rachmat Aulia, Rahmat Aulia Fauzan, Imran Lubis, 2021*)

## 2.15 Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi 20.000 Hz. Bunyi ultrasonik tidak dapat di dengar oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik bisa merambat melalui zat padat, cair dan gas. Reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat cair namun, gelombang bunyi ultrasonik akan diserap oleh tekstil dan busa.



HC-SR04 merupakan sensor ultrasonik siap pakai, satu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang ultrasonik. Alat ini bisa digunakan untuk mengukur jarak benda dari 2cm - 4m dengan akurasi 3mm. Dengan demikian, untuk menghitung jarak yang hanya maksimal 4 m maka rumus di atas harus dimodifikasi atau disesuaikan satuannya. [17]



**Gambar 2. 29** Cara kerja sensor ultrasonik dengan transmitter dan receiver

(sumber: *Elang Sakti, 2014*)



**Gambar 2. 30** Ultrasonik HC-SR04

(sumber: *Fitri Puspasari, Imam Fahrurrozi, Trias Prima Satya, Galih Setyawan, Muhammad Rifqi Al Fauzan, dan Estu Muhammad Dwi Admoko, 2019*)

**Tabel 2. 12** Spesifikasi Ultrasonik HC-SR04

(sumber: *Fitri Puspasari, Imam Fahrurrozi, Trias Prima Satya, Galih Setyawan, Muhammad Rifqi Al Fauzan, dan Estu Muhammad Dwi Admoko, 2019*)

Specification	Value
Microcontroller Model	AT91SAM3X8E
Operating Voltage	3V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V

Digital I/O pins	54
Analog Input Pins	12
Analog Output Pins (DAC)	2
Total DC Output Current	130 mA (on all I/O lines)
DC Current for 3.3 V Pin	800 mA
DC Current for 5 V Pin	800 mA
Flash Memory	512 KB (all available for user applications)
SRAM Memory	96 KB (two banks: 64KB and 32KB)
Clock Speed	84 MHz

## 2.16 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah struktur di mana obyek, orang disediakan dengan identitas eksklusif dan kemampuan untuk pindah data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah antara manusia ke manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke computer. Internet of Things (IoT) merupakan perkembangan teknologi yang menjanjikan dapat mengoptimalkan kehidupan dengan sensor sensor cerdas dan benda yang memiliki jaringan dan bekerjasama dalam internet[14]. Internet of Things (IoT) mengacu pada koneksi berbagai perangkat yang menyerupai komputasi tertanam yang dapat terdeteksi seperti sensor pada mobil, implan pemantauan jantung, transponder biochip pada hewan ternak.

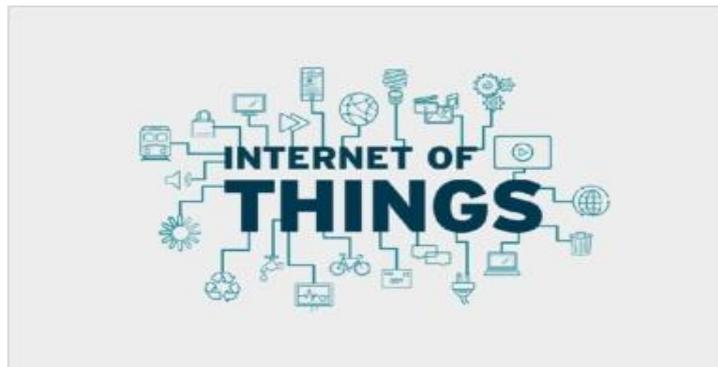
### 2.16.1 Cara Kerja *Internet of Things*

Secara sederhana, konsep dari IoT sendiri adalah menghubungkan mesin dengan mesin lainnya. Manusia hanya berperan untuk memonitor dan mengawasi cara kerja IoT secara berkala, bukan secara terus-menerus. Dalam cara kerja IoT, setidaknya ada 3 hal yang harus ada, yakni perangkat, konektivitas internet dan cloud data center.

Pertama dimulai dengan sensor dalam perangkat IoT yang mengumpulkan data dan bereaksi berdasarkan data yang terkumpul. Sensor dalam perangkat IoT

bisa mengenali perubahan temperatur, suara, sentuhan, dan lain sebagainya. Kemudian data yang terkumpul akan dikirimkan menggunakan koneksi internet menuju cloud data center. Setiap fitur dalam perangkat IoT memerlukan kapasitas energi, ketentuan jarak, serta bandwidth yang berbeda-beda. Jadi, sangat krusial untuk memiliki konektivitas internet yang stabil demi bisa mengaplikasikan teknologi IoT dengan optimal.

Selanjutnya, data akan diproses oleh software. Proses ini cukup krusial karena akan menentukan reaksi dari perangkat. Semisal anda menggunakan sistem keamanan rumah berbasis IoT, data seperti adanya pergerakan objek asing akan diproses dan software dapat menentukan tindakan seperti apa yang perlu dilakukan. Misalnya dengan mengirimkan notifikasi ke smartphone pemilik rumah atau langsung menyembunyikan alarm. Gambar Internet Of Things dapat dilihat pada **Gambar 2.21** dibawah ini.[18]

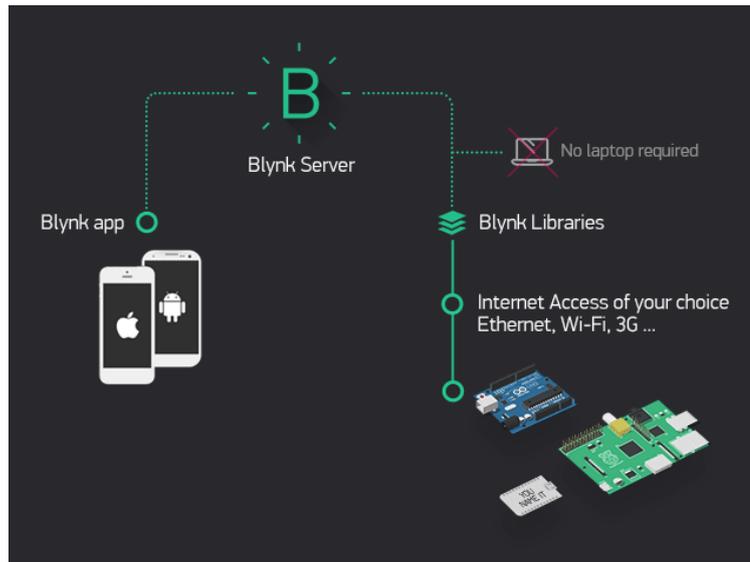


**Gambar 2. 31** *Internet Of Things*

(Sumber : Rezafikran Madani, 2020)

### **2.17 Blynk**

BLYNK adalah platform untuk aplikasi OS Mobile (iOS dan Android) yang bertujuan untuk kendali module Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, WEMOS D1, dan module sejenisnya melalui Internet. Aplikasi Blynk memiliki 3 komponen utama.yaitu Aplikasi, Server, dan Libraries. Blynk server berfungsi untuk menangani semua komunikasi diantara smartphone dan hardware. Blynk tidak terikat dengan beberapa jenis microcontroller namun harus didukung hardware yang dipilih. NodeMCU dikontrol dengan Internet melalui WiFi,chip ESP8266, Blynk akan dibuat online dan siap untuk Internet of Things .

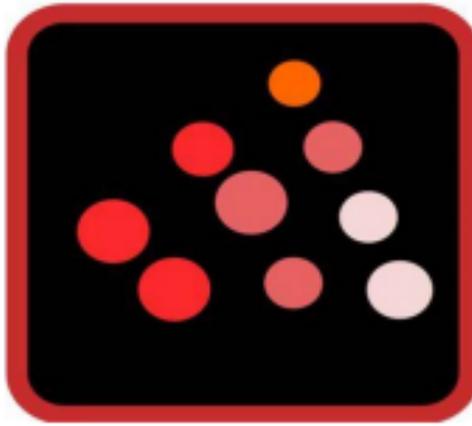


**Gambar 2. 32** Blynk untuk Internet of Things

(Sumber : Rezafikran Madani, 2020)

## 2.18 Scilab

Scilab adalah sebuah perangkat lunak yang dirancang dan dikembangkan untuk komputasi numerik serta untuk visualisasi data secara dua dimensi maupun tiga dimensi. Scilab juga merupakan sebuah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang berorientasi numerik. Scilab adalah suatu interpreter sehingga suatu kode program yang dibuat dapat dieksekusi secara langsung dan dilihat hasilnya tanpa harus melalui tahapan kompilasi. Scilab adalah sebuah freeware yang dapat digunakan secara gratis untuk keperluan pribadi maupun komersial. Scilab tersedia dalam berbagai macam sistem operasi utama, seperti Windows (XP, Vista, 7, 8), Linux, serta MacOS X.



**Gambar 2. 33** Logo Scilab

*(Sumber: Dokumen Penulis)*

## **2.19 Logika Fuzzy**

Menurut Soleh (2013) Fuzzy Logic adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem. Mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, embedded system, jaringan PC, multichannel atau workstation berbasis akuisisi data dan sistem kontrol. Konsep Fuzzy Logic diperkenalkan oleh Prof. Lutfi Astor Zadeh pada 1962. Kelebihan fuzzy logic dapat digunakan pada sebagian besar permasalahan yang terjadi di dunia nyata. Permasalahan di dunia nyata kebanyakan bukan biner dan bersifat non linier sehingga fuzzy logic cocok digunakan karena menggunakan nilai linguistik yang tidak linier. Beberapa alasan yang dapat diutarakan mengapa kita menggunakan Fuzzy Logic diantaranya adalah mudah dimengerti, memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat, mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks, dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional dan didasarkan pada bahasa alami. Kelebihan metode Mamdani dibandingkan metode sistem penalaran fuzzy lainnya yaitu bersifat intuitif, mencakup berbagai bidang dan sesuai dengan proses input informasi manusia.[19]

### **2.19.1 Himpunan Fuzzy**

Himpunan fuzzy adalah pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (linguistik variable) yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan (Saelan,

2009). Dalam logika fuzzy ada dua jenis himpunan, yaitu himpunan crisp (tegas) dan himpunan fuzzy (samar).

a) Himpunan crisp (tegas) adalah himpunan yang menyatakan suatu obyek merupakan anggota dari satu himpunan dengan memiliki nilai keanggotaan ( $\mu$ ) = ya (1) atau tidak (0), oleh karena itu himpunan crisp disebut himpunan tegas.

b) Himpunan fuzzy adalah himpunan yang menyatakan suatu obyek dapat menjadi anggota dari beberapa himpunan dengan nilai keanggotaan ( $\mu$ ) yang berbeda.

Menurut wulandari (2011) himpunan fuzzy memiliki 2 atribut yaitu:

a) Linguistik, yaitu penamaan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: SEDIKIT, SEDANG, BANYAK. 34

b) Numerik, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 40, 50, 60, dan sebagainya.

Hal – hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy yaitu:

a) Variabel Fuzzy

Variabel fuzzy merupakan variabel yang dibahas dalam suatu sistem fuzzy, variabel fuzzy terdiri dari beberapa himpunan fuzzy. Contoh: Variabel suhu, terbagi menjadi 5 himpunan fuzzy yaitu: dingin, sejuk, normal, hangat dan panas.

b) Himpunan Fuzzy

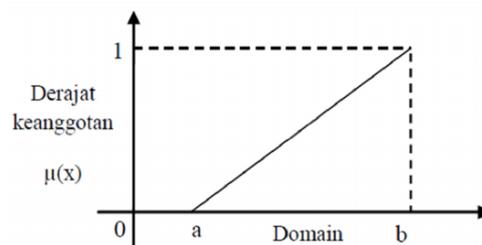
Himpunan fuzzy merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy.

### **2.19.2 Fungsi Keanggotaan**

Fungsi keanggotaan suatu himpunan fuzzy dapat ditentukan dengan fungsi linier, fungsi segitiga (triangel), trapesium (trapezoidal) atau fungsi Gauss (Gaussian).

### 1. Fungsi keanggotaan Linier Naik

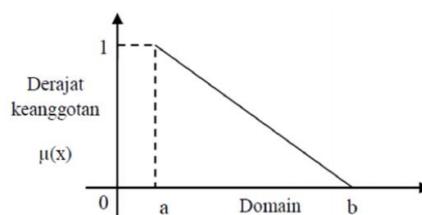
Pada fungsi linier, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada dua keadaan himpunan fuzzy linier, yaitu linier naik dan linier turun. Himpunan fuzzy linier naik, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. 34.



**Gambar 2. 34** Grafik Fungsi Keanggotaan Linier (Naik)

### 2. Fungsi Keanggotaan Linier Turun

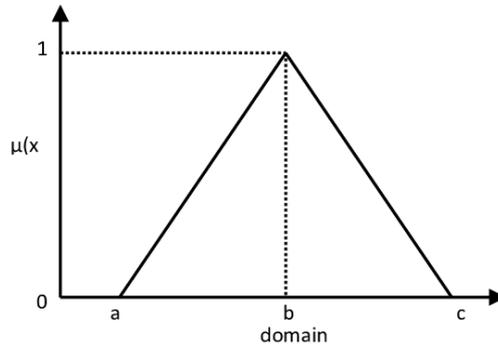
Himpunan fuzzy linier turun, garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.35.



**Gambar 2. 35** Grafik Fungsi Keanggotaan Linier (Turun)

### 3. Fungsi keanggotaan segitiga

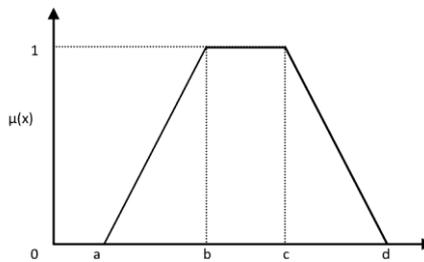
Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier). Bentuk grafik dari fungsi keanggotaan segitiga akan ditunjukkan pada gambar 2.36.



**Gambar 2. 36** Grafik Fungsi Keanggotaan Segitiga

4. Fungsi keanggotaan Trapesium

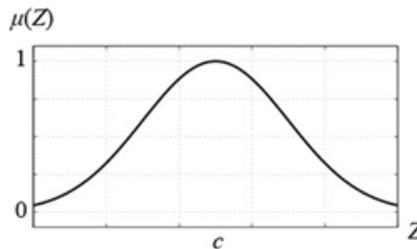
Kurva trapesium pada dasarnya berbentuk seperti segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Bentuk grafik dari fungsi keanggotaan trapesium dapat dilihat pada gambar 2.36



**Gambar 2. 37** Grafik Fungsi Keanggotaan Trapesium

5. Fungsi keanggotaan Gaussian

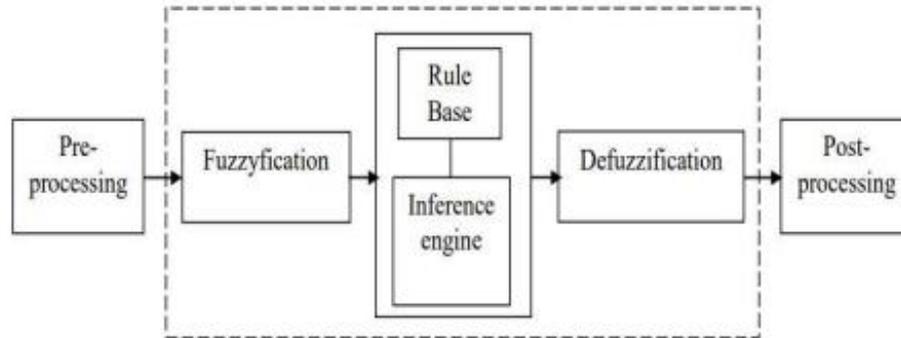
Pada kurva yang memiliki representasi gaussian memiliki bentuk yang hampir sama dengan segitiga dengan permukaan yang tumpul. Biasanya kurva gaussian digunakan untuk mengolah data-data yang acak.



**Gambar 2. 38** Grafik Fungsi Keanggotaan Gaussian

### 2.19.3 Sistem Berbasis Aturan Fuzzy

Pendekatan logika fuzzy diimplementasikan dalam tiga tahapan, yakni: fuzzifikasi, evaluasi rule (inferensi) dan defuzzifikasi.

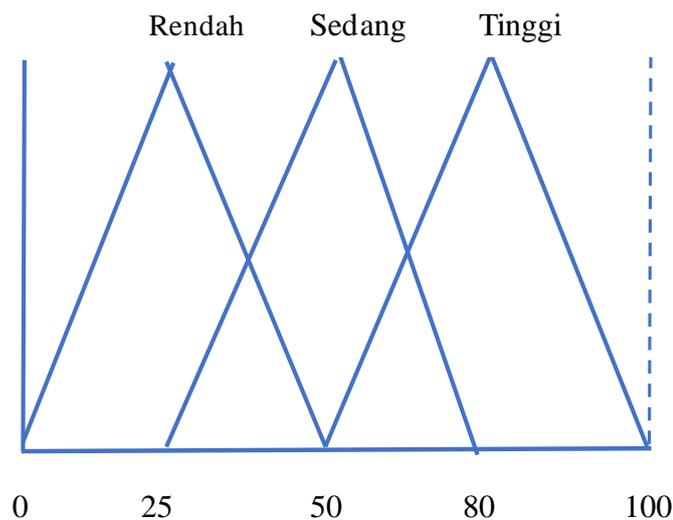


**Gambar 2. 39** Tahapan Sistem Berbasis Aturan *Fuzzy*

(sumber: Irawan, Muhammad Dedi, 2019)

#### 1. Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi merupakan fase pertama dari perhitungan fuzzy yaitu mengubah masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti ke dalam bentuk fuzzy input yang berupa tingkat keanggotaan/tingkat kebenaran. Dengan demikian, tahap ini mengambil nilai-nilai crisp dan menentukan derajat di mana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan fuzzy yang sesuai.



**Gambar 2. 40** Grafik Himpunan Fuzzy Logic

Pada gambar diatas dapat dijelaskan bahwa gambar tersebut adalah grafik himpunan segitiga dari *fuzzy logic* untuk mendapatkan dari hasil nilai fuzzifikasi yang terdapat pada rumus dibawah, dijelaskan bahwa dari jarak terdekat jaraknya yaitu 0 sampai 100, jarak rendah yaitu 0 sampai 50 cm, dan jarak terjauh yaitu dari 50 sampai 100.

$$0 ; 0 \text{ or } x \geq 0 \quad x - x$$

$$\mu_{\text{Rendah}} [29] = \begin{cases} \frac{x}{20-0} & 0 \leq x \leq 20 \\ \frac{40 - x}{40 - 20} & 20 \leq x \leq 40 \end{cases} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\mu_{\text{Sedang}} [29] = \begin{cases} \frac{x-25}{45-40} & 25 \leq x \leq 45 \\ \frac{65 - x}{65 - 40} & 45 \leq x \leq 65 \end{cases} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\mu_{\text{Tinggi}} [29] = \begin{cases} \frac{x-45}{80-45} & 45 \leq x \leq 80 \\ \frac{95 - x}{95 - 80} & 80 \leq x \leq 95 \end{cases} \dots\dots\dots(2.3)$$

2. Inferensi

Inferensi adalah melakukan penalaran menggunakan fuzzy input dan fuzzy rules yang telah ditentukan sehingga menghasilkan fuzzy output. Secara sintaks, suatu fuzzy rule (aturan fuzzy) dituliskan sebagai berikut: IF antecedent THEN consequent.

3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah mengubah fuzzy output menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Sistem inferensi hanya dapat membaca nilai yang tegas, maka diperlukan suatu mekanisme untuk mengubah nilai fuzzy output itu menjadi nilai yang tegas. Itulah peranan

defuzzifikasi yang memuat fungsi-fungsi penegasan dalam sistem, sehingga defuzzifikasi merupakan metode yang penting dalam pemodelan sistem fuzzy.

#### 2.19.4 Metode Mamdani

Fuzzy merupakan salah satu aplikasi logika fuzzy yang telah berkembang amat luas dewasa ini adalah sistem inferensi fuzzy (*Fuzzy Inference System/FIS*) yaitu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy berbentuk *IF THEN* dan penalaran fuzzy. Misalnya penentuan produksi barang, sistem pendukung keputusan, sistem klasifikasi data, sistem pakar, sistem pengenalan pola, robotika dan sebagainya. Ada tiga metode dalam sistem inferensi fuzzy yang sering digunakan yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani dan metode Takagi Sugeno. Sistem ini berfungsi untuk mengambil keputusan melalui proses tertentu dengan mempergunakan aturan inferensi berdasarkan logika fuzzy. Metode mamdani sering juga dikenal dengan Metode *Max-Min*. Metode ini dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 3 tahapan:

1. Pembentukan himpunan fuzzy pada metode mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.
2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan) pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.
3. Komposisi aturan tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy yaitu: *max, additive dan probabilistic OR*.

a. Metode Max (Maximum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy dan mengaplikasikannya *output* dengan menggunakan operator *OR (union)*. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan mamdani, secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]) \dots\dots\dots(2.3)$$

Apabila digunakan fungsi impikasi *Min*, maka metode komposisi sering disebut dengan nama *Max-Min* atau *Min-Max* atau Mamdani.

b. Metode Additif (Sum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua *output* daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \min(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) \dots\dots\dots(2.4)$$

c. Metode Probalistik OR (probor)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan produk terhadap semua *output* daerah fuzzy. Secara umum dituliskan.

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow (\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) - (\mu_{sf}[x_i] - \mu_{kf}[x_i]) \dots\dots\dots(2.5)$$

4. Penegasan (Defuzzifikasi)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy. Output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka dapat diambil suatu nilai crisp sebagai output. Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan mamdani, antara lain:

a. Metode Centroid (*Composite Moment*)

Pada metode ini solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat ( $z^*$ ) daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan:

$$z^* = \frac{\int_z z\mu(z)dz}{\int_z \mu(z)dz} \text{ untuk variabel kontinu} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$z^* = \frac{\sum_{j=i}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=i}^n \mu(z_j)} \text{ untuk variabel diskrit} \dots\dots\dots(2.7)$$

b. Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan separuh dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$z_p \text{ sedemikian sehingga } \int_{R_i}^p \mu(z) dz = \int_p^{R_n} \mu(z) dz \dots\dots\dots(2.8)$$

c. Metode *Mean Of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode *Largest Of Maximum* (LOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. Metode *Smalles Of Maximum* (SOM)

Pada metode ini, Solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.