

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sensor Turbidity

Sensor *turbidity* adalah salah satu pedoman yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan yang terkandung dalam air, pada dasarnya untuk mengetahui tingkat kekeruhan yang terkandung dalam air tidak dapat diketahui dengan kasat mata. Oleh sebab itu diperlukan alat bantu yang dapat mengukur tingkat kekeruhan dalam air, salah satu indikasi yang mudah dipahami ialah, bahwa semakin banyak partikel yang terlarut dalam air maka akan semakin tinggi tingkat kekeruhan dalam air. Semakin tinggi tingkat kekeruhan yang terkandung dalam air, diikuti dengan perubahan yang dihasilkan oleh sensor. Adapun bentuk fisik dari sensor turbidity dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2. 1 Sensor *Turbidity*

(Sumber : <https://www.zoodmall.kz/en/product/11667902/turbidity-sensor-suspended-turbidity-value-detection-module-kit-for-arduino/>)

2.2. Pompa AC

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor AC adalah sebuah motor listrik yang di gerakan oleh alternatingcurrent atau arus bolak balik (AC). Umumnya, motor AC terdiri dari dua komponen utama yaitu stator dan rotor. Stator merupakan komponen listrik statis. Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor.



Gambar 2. 2 Pompa AC

(Sumber : <https://tokopedia.link/3m3V8jA2Mrb>)

Spesifikasi pompa AC :

1. Merek : Sakai Pro
2. Model : AA-107
3. Power : 100 watt
4. Output : 2000 L/H

2.3. Filter Air

Filter air adalah alat bantu pengolahan air yang digunakan untuk menyaring segala bentuk kotoran yang terdapat di dalam air. Fungsi filter mengangkat atau menghilangkan bahan kimia dari air yang membuat air

menjadi berwarna keruh (warna coklat) atau bahan yang tak dikehendaki untuk menghasilkan air yang bersih yang dapat digunakan. Bentuk fisik dari filter dapat ditunjukkan pada **Gambar 2.3** dibawah ini.



Gambar 2. 3 Filter Air.

(Sumber : <https://tokopedia.link/M6NLwMRsOrb>)

Spesifikasi filter air :

1. Ember Bio Filter Ukuran 20 L.
2. Warna Biru.
3. Dengan Input 1 dan Ouput 1.
4. Pipa ukuran ½ inch
5. Keran Backwash.
6. Tinggi 36 cm.
7. Diameter 28cm.

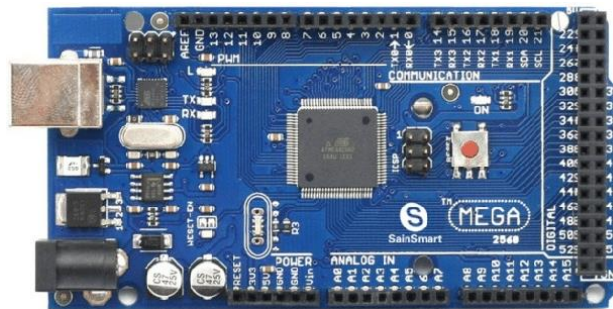
2.4. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah system mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serbaguna yang digunakan dalam sebuah PC, karena sebuah mikrokontroler umumnya telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan

pemrograman Input-Output. Mikrokontroler dapat deprogram untuk melakukan penghitungan, menerima input dan menghasilkan output. Mikrokontroler mengandung sebuah inti prosesor, memori dan pemrograman Input-Output.

2.5. Arduino Mega2560

Arduino Mega 2560 adalah papan microcontroller berbasis Atmega 2560. Arduino Mega 2560 seperti gambar 1 memiliki 54 pin digital input / output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung microcontroller. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC – DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega 2560 kompatibel dengan sebagian besar shield yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega 2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega Bentuk fisik dari ATmega 2560 dapat terlihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2. 4 Arduino Mega2560

(Sumber : <https://amaltceva.blogspot.com/2020/03/datasheet-arduino-mega-2560-r3.html>)

Tabel 2. 1 Tabel Spesifikasi Arduino Mega2560

(Sumber: <https://www.aldyrazor.com/2020/05/arduino-mega-2560-adalah.html>)

Atribut	Detail
Tegangan Operasional	5 Volt
Tegangan Rekomendasi	7-12 Volt
Batas Tegangan	6-20 Volt
Pin Input/Output Digital	54
Pin PWM	15
Pin Input Analog	16
Arus Untuk Pin Digital	40 mA
Arus Untuk Pin 3,3 V	50 mA
Memori Flash	256 KB (8 KB untuk bootloader)
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Clock Speed	16 MHz
Panjang	10,1 cm
Lebar	5,3 cm
Berat	37 gram

Jenis-jenis pin yang dimiliki oleh Arduino Mega 2560 antara lain:

Tabel 2. 2 Tabel Pin-pin Arduino Mega2560

(Sumber: <https://www.aldyrazor.com/2020/05/arduino-mega-2560-adalah.html>)

Kategori Pin	Nama Pin	Fungsi
Pin Input/Output Digital	0-53	Membaca sinyal digital 1 atau 0
Pin Input Analog	A0-A5	Membaca sinyal analog untuk diubah jadi sinyal digital
Pin Serial 0	0 (RX) dan 1 (TX)	Pin RX digunakan untuk menerima data serial dan pin TX untuk mengirim data serial TTL
Pin Serial 1	19 (RX) dan 18 (TX)	
Pin Serial 2	17 (RX) dan 16 (RX)	
Pin Serial 3	15 (RX) dan 14 (TX)	
Pin External Interrupt	2 (Interrupt 0)	Memicu interupsi pada nilai yang rendah, meningkat, menurun, atau berubah nilai

	3 (Interrupt 1)	
	21 (Interrupt 2)	
	20 (Interrupt 3)	
	19 (Interrupt 4)	
	18 (Interrupt 5)	
PWM	2-13 dan 44-46	Mendapatkan sinyal analog dari sinyal digital
SPI	Pin 50 (MISO)	Memungkinkan komunikasi SPI
	Pin 51 (MOSI)	
	Pin 52 (SCK)	
	Pin 53 (SS)	
I2C	Pin 20 (SDA)	Memungkinkan komunikasi I2C atau TWI
	Pin 21 (SCL)	
LED	Pin 13	Menyalakan LED bawaan yang terhubung di pin 13
Pin Tegangan	Pin VIN	Pin untuk memasukkan tegangan eksternal ke arduino
	Pin 5 V	Pin yang menghasilkan tegangan 5 volt
	Pin 3,3 V	Pin yang menghasilkan tegangan 3,3 volt
	Pin GND	Meniadakan beda potensial jika terjadi kebocoran tegangan
	Pin IOREF	Memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada <i>microcontroller</i>
Pin Lainnya	Pin RESET	Menjalankan ulang program yang ada di Arduino
	PIN AREF	Mengatur tegangan referensi eksternal sebagai batas atas untuk pin input analog

2.6. NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 merupakan penerus dari ESP8266 yang memberikan beberapa perbaikan di semua lini. Tidak hanya memiliki dukungan konektivitas WiFi, namun juga Bluetooth Low Energy yang membuat ESP32 menjadi lebih serbaguna.

CPU yang dimiliki ESP32 hampir mirip dengan yang dimiliki ESP8266 yaitu Xtensa LX6 dengan arsitektur 32-bit, namun kelebihan pada ESP32 memiliki inti ganda. Tidak hanya itu, ESP32 memiliki ROM 128KB dan SRAM 416K, juga Flash Memory (untuk Menyimpan program dan data) sebesar 64MB.

Pada pin out tersebut terdiri dari :

1. 18 ADC (*Analog Digital Converter*, berfungsi untuk merubah sinyal *analog* ke *digital*).
2. 2 DAC (*Digital Analog Converter*, berfungsi untuk merubah sinyal *digital* ke *analog*).
3. 16 PWM (*Pulse Width Modulation*).
4. 10 *Touch Sensor*.
5. 2 jalur antarmuka UART.
6. *Pin* antarmuka I2C, I2S dan SPI.

Bentuk fisik dari NodeMCU ESP32 dapat terlihat pada **Gambar 2.5** dibawah.



Gambar 2. 5 NodeMCU ESP32

(Sumber : <https://iotstore.al/en/home/3-waveshare-nodemcu-32s-esp32-wifiblueetooth-development-board.htm>)

2.7. 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 menjadu Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan Arduino.



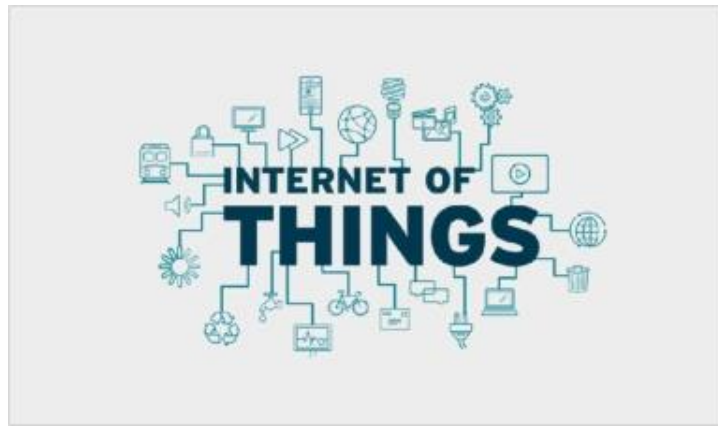
Gambar 2. 6 Softwre Arduino IDE
(Sumber : Pribadi)

2.8. 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. 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.

2.8.1. Cara Kerja Internet of Things

Konsep IoT ini sebetulnya cukup sederhana dengan cara kerja mengacu pada 3 elemen utama pada arsitektur IoT, yakni: Barang Fisik yang dilengkapi modul IoT, Perangkat Koneksi ke Internet seperti Modem dan Router Wireless Speedy seperti di rumah anda, dan Cloud Data Center tempat untuk menyimpan aplikasi beserta data base. Gambar Internet Of Things dapat dilihat pada **Gambar 2.7** dibawah ini.



Gambar 2. 7 Internet Of Things

(Sumber : <https://www.harapanrakyat.com/2020/12/sejarah-dan-perkembangan-iot-atau-internet-of-things/>)

2.9. Liquid Crystal Display 20x4

LCD (Liquid Cristal Display) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya

horizontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan. Bentuk fisik relay modul dapat dilihat pada **Gambar 2.8** dibawah ini.



Gambar 2. 8 LCD

(Sumber : <https://id.aliexpress.com/item/32680818723.html>)

2.10. RTC DS1302

Real Time Clock DS1302 RTC (Real Time Clock) adalah jam elektronik berupa chip yang dapat menghitung waktu mulai detik hingga tahun dengan akurat dan menjaga atau menyimpan data waktu tersebut secara real time (Samsugi & Wajiran, 2020). Karena jam tersebut bekerja real time, maka setelah proses hitung waktu dilakukan output datanya langsung disimpan atau dikirim ke device lain melalui sistem antarmuka. Chip RTC sering dijumpai pada motherboard PC. Semua komputer menggunakan RTC karena berfungsi menyimpan informasi jam terkini dari komputer yang bersangkutan. RTC dilengkapi dengan baterai sebagai pensuplai daya pada chip, sehingga jam akan tetap up-to-date walaupun komputer dimatikan. RTC dinilai cukup akurat sebagai pewaktu (timer) karena menggunakan osilator kristal. Bentuk fisik RTC DS1302 modul dapat dilihat pada **Gambar 2.9** dibawah ini.



Gambar 2. 9 RTC DS1302

(Sumber : <https://www.joom.com/nb/products/1508482866185388609-117-1-709-458438737>)

2.11. 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.

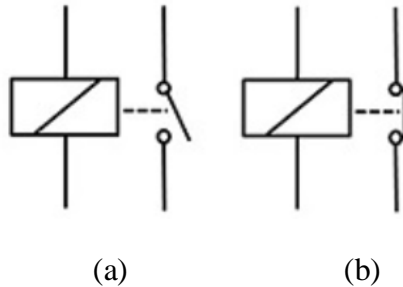


Gambar 2. 10 Modul Relay 5 Volt

(Sumber: <https://northelectric.blogspot.com/2017/03/relay-module-5-volt.html>)

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. 11 (a) Normally Open (b) Normally Close
 (Sumber: <https://wikielektronika.com/relay-adalah/>)

2.12. Adafruit

Adafruit.io adalah layanan cloud yang hanya di jalankan untuk pengguna dan pengguna tidak perlu mengelolanya, serta dapat terhubung melalui internet. Berfungsi untuk menyimpan dan kemudian mengambil data lebih dari satu. Menyajikan data secara real-time, online, dan membuat proyek pengguna yang tersambung ke internet untuk membaca data sensor, motor kontrol dan juga proyek-proyek connect ke layanan web seperti twitter, gmail, google asisten, RSS feed, layanan cuaca, dan lain-lain. Juga sebagai penyedia layanan MQTT server IoT mengendalikan esp266 secara remote dengan menggunakan fasilitas subscribe dan publish.



Gambar 2. 12 Adafruit

(Sumber : <https://docs.helium.com/use-the-network/devices/development/adafruit/adafruit-feather-m0-rfm95>)

2.13. Scilab

Scilab adalah freeware yang dikembangkan untuk komputasi numerik. Scilab menyediakan ratusan fungsi yang merepresentasikan operasi matematika, analisis data serta algoritma dalam komputasi numerik. Scilab juga merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dapat digunakan untuk pengembangan suatu algoritma. Scilab tersedia untuk sistem operasi Windows, Linux dan MacOS. Pada software scilab juga terdapat toolbox *fuzzy logic*, toolbox ini yang nanti akan di gunakan pada penelitian ini untuk melakukan simulasi *fuzzy logic*. Pada penelitian ini tipe software scilab yang di gunakan yaitu scilab 5.5.2 (64-bit).



Gambar 2. 13 Scilab

(Sumber : <https://gitlab.com/scilab>)

2.14. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan suatu proses pengambilan keputusan berbasis aturan yang bertujuan untuk memecahkan masalah, dimana sistem tersebut sulit untuk dimodelkan atau terdapat ambiguitas dan ketidakjelasan. Logika *fuzzy* pertama kali oleh Prof.Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004), logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam ruang output. Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

1. Variabel *fuzzy* Variabel *fuzzy* merupakan suatu lambang atau kata yang menunjuk kepada suatu yang tidak tertentu dalam sistem *fuzzy*. Contoh: produksi, permintaan, persediaan, dan sebagainya.
2. Himpunan *fuzzy* Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh: Variabel produksi dibagi menjadi 2 himpunan *fuzzy*: turun dan naik.
 - a. Semesta Pembicaraan Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh: Semesta pembicaraan untuk variabel produksi: [0 400].

Domain Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Contoh: Domain untuk variabel produksi turun [0- 200]. Domain untuk variable produksi naik [200-400].

2.15. Metode Fuzzy Inference System (FIS) Sugeno

Metode sistem inferensi *fuzzy* sugeno disebut juga metode sistem inferensi *fuzzy* TSK yang diperkenalkan oleh Takagi, Sugeno dan Kang. Output dari sistem inferensi *fuzzy* diperlukan 4 tahap:

1. Tahap fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses mentransformasikan data pengamatan ke dalam bentuk himpunan *fuzzy* (Jang, 1997). 18
2. Pembentukan aturan dasar data *fuzzy* Aturan dasar *fuzzy* mendefinisikan hubungan antara fungsi keanggotaan dan bentuk fungsi keanggotaan hasil. Pada metode segeno output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy* tetapi berupa konstanta atau persamaan linier. Menurut Cox (1994) metode TSK terdiri dari dua jenis, yaitu :
 - a. Model *fuzzy* sugeno orde nol

Secara umum bentuk *fuzzy* sugeno orde nol adalah:

IF $(x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ \dots (x_N \text{ is } A_N)$ THEN $z = k$ Dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke- i sebagai anteseden dan k adalah konstanta tegas sebagai konsekuen.

b. Model *fuzzy* sugeno orde satu

Secara umum bentuk *fuzzy* sugeno orde satu adalah:

IF $(x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ \dots (x_N \text{ is } A_N)$ THEN $z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_1 + q$

Dengan adalah himpunan *fuzzy* ke- i sebagai anteseden, konstanta tegas ke- i dan q konstanta pada konsekuen.

3. Komposisi aturan sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan yaitu menghitung hasil dari $\sum_{r=1}^R a_r z_r$ dengan R banyaknya rule, a_r *fire strength* ke- r dan z_r output pada anteseden aturan ke- r .

4. Penegasan (defuzzifikasi)

Pada proses ini output berupa bilangan *crisp*. Defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya yaitu $\frac{\sum_{r=1}^R a_r z_r}{\sum_{r=1}^R a_r}$

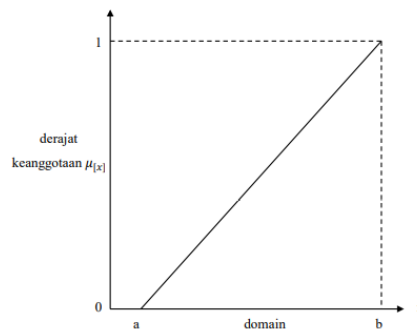
2.16. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Fungsi keanggotaan *fuzzy* direpresentasikan oleh sebuah kurva yang bersifat kontinu. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Beberapa fungsi yang dapat digunakan yaitu:

2.16.1. Representasi Linear

Pada Representasi Linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang linear, yaitu:

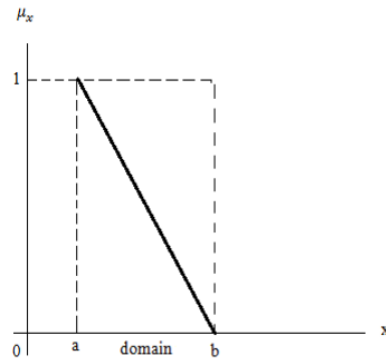
1. Representasi Linear Naik Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



Gambar 2. 14 Grafik Representasi Linear Naik.

$$\text{fungsi keanggotaan: } \mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x < p \\ \frac{x-p}{q-p} & ; p \leq x \leq q \\ 1 & ; x > q \end{cases}$$

2. Representasi Linear Turun Penurunan nilai dimulai dari nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.

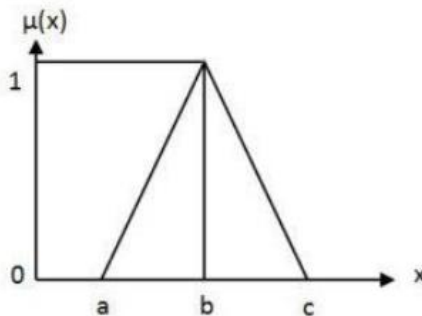


Gambar 2. 15 Grafik Representasi Linear Turun

$$\text{fungsi keanggotaan: } \mu(x) = \begin{cases} 1 & ; x < p \\ \frac{q-x}{q-p} & ; p \leq x \leq q \\ 0 & ; x > q \end{cases}$$

2.16.2. Representasi Kurva Segitiga

Representasi Kurva Segitiga Fungsi keanggotaan fuzzy ini merupakan gabungan dari fungsi keanggotaan linear naik dan fungsi keanggotaan linear turun.



Gambar 2. 16 Grafik Representasi Linear Naik

$$\text{fungsi keanggotaan: } \mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x < p \\ \frac{q-x}{q-a} & ; p \leq x \leq q \\ \frac{r-x}{r-q} & ; q \leq x \leq r \\ 0 & ; x > r \end{cases}$$

Dimana:

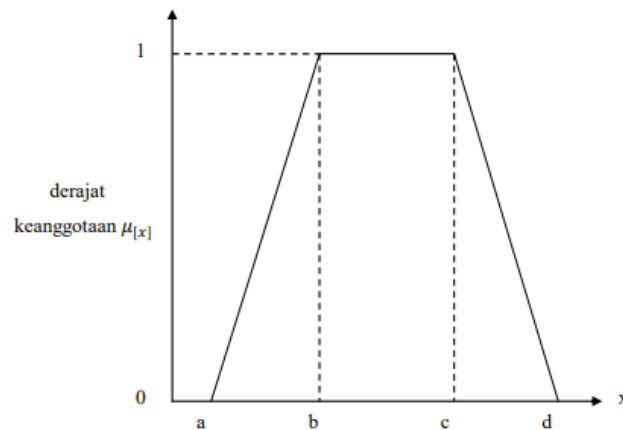
p = nilai domain terkecil yang memiliki derajat keanggotaan nol

q = nilai domain terkecil yang memiliki derajat keanggotaan satu

r = nilai domain terbesar yang memiliki derajat keanggotaan nol

2.16.3. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium memiliki bentuk seperti segitiga, dimana terdapat titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2. 17 Grafik Representasi Kurva Trapesium

$$\text{fungsi keanggotaan: } \mu [x] = \begin{cases} 0, & x \leq p \text{ atau } x \geq s \\ \frac{(x-p)}{(q-p)} & ; p \leq x \leq q \\ 1, & \\ \frac{(s-x)}{(s-r)} & ; q \leq x \leq r \end{cases}$$

Dimana :

p = nilai domain terkecil yang memiliki derajat keanggotaan nol

q = nilai domain terkecil yang memiliki derajat keanggotaan satu

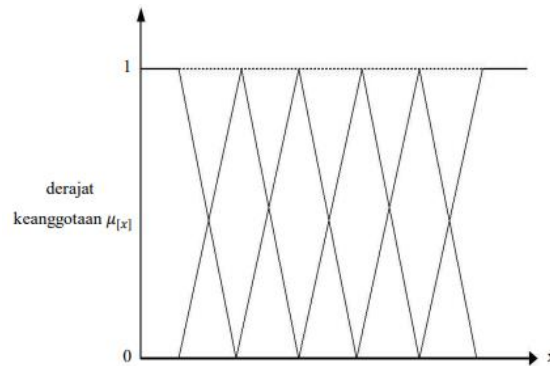
r = nilai domain terbesar yang memiliki derajat keanggotaan satu

s = nilai domain terbesar yang memiliki derajat keanggotaan nol

x = nilai Input yang akan diubah ke bilangan fuzzy

2.16.4. Representasi Linear Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang dipresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun.



Gambar 2. 18 Grafik Representasi Kurva Bahu

$$\text{fungsi keanggotaan: } \mu [x] = \begin{cases} 0, & x \leq p \text{ atau } x \geq s \\ \frac{(x-p)}{(q-p)} & ; p \leq x \leq q \\ 1, & ; q \leq x \leq r \\ \frac{(s-x)}{(s-r)} & \end{cases}$$

Dimana:

p = nilai domain terkecil yang memiliki derajat keanggotaan satu

q = nilai domain terkecil yang memiliki derajat keanggotaan satu

r = nilai domain terbesar yang memiliki derajat keanggotaan satu

s = nilai domain terbesar yang memiliki derajat keanggotaan nol