

BAB II

LANDASAN TEORI

Pada bab ini terdapat penjelasan teori-teori pendukung yang akan digunakan pada realisasi penelitian, berikut ini penjelasan dari tiap-tiap komponen dan aturan-aturan yang akan diterapkan.

2.1 Pupuk Kompos

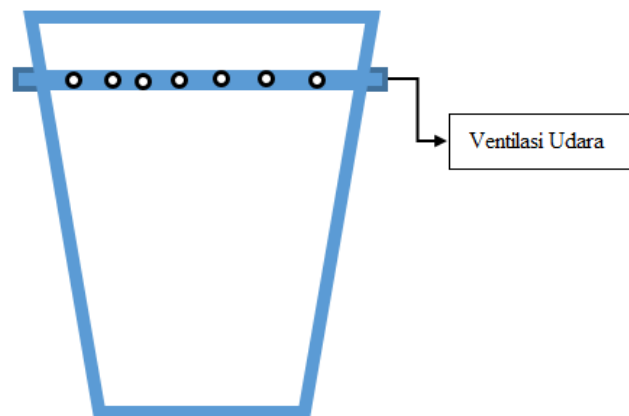
Kompos merupakan pupuk organik yang terbuat dari limbah padat, seperti daun kering, daun hijau, sisa sayuran, limbah rumah tangga dan kotoran hewan yang telah melalui proses pengomposan dengan cara penguraian atau pembusukan dengan memanfaatkan mikroorganisme hidup seperti bakteri, fungi dan sejenisnya. Pembuatan kompos adalah dengan menumpukan bahan-bahan organik dan membiarkannya terurai menjadi bahan-bahan yang mempunyai nisbah C/N yang rendah (telah melapuk). Pupuk kompos yang terbuat dari bahan ddaunan kering, hijau dan sisa sayuran, pada umumnya digunakan sebagai media tanam/pupuk pada tanaman bawang, cabai, tomat, kacang tanah dan jenis tanaman lainnya[2]. Ketentuan dari Badan Standarisasi Nasional (BSN-SNI 19-7030-2004) tentang spesifikasi pupuk kompos yaitu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Standar Kualitas Kompos

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar Air	%	-	60
2	Temperatur	°C	-	Suhu Tanah
3	Warna			Kehitaman
4	Bau			berbau tanah
5	Ukuran partikel	Mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	-
7	pH		6,50	7,49

2.2 Komposter Aerob

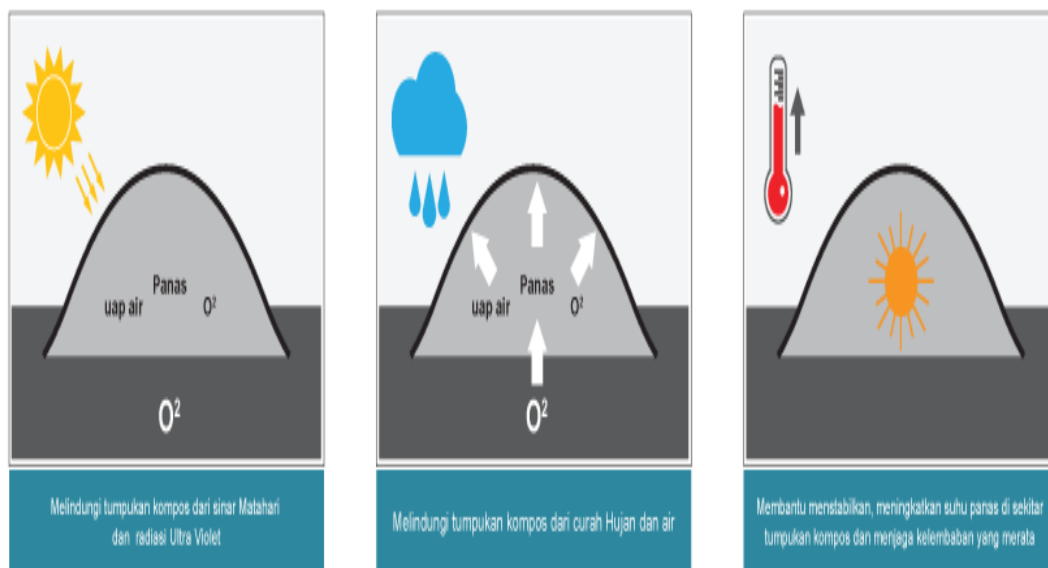
Komposter aerob adalah sebuah metode untuk pembuatan/penguraian pupuk kompos yang memanfaatkan bahan-bahan atau limbah pertanian seperti daun kering, daun hijau, batang pisang dan jerami. Komposter aerob terbuat dari drum/ember dengan sifat terbuka namun tidak terkena air hujan, ukuran komposter disesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan, terdapat penopang sebuah pipa sebagai ventilasi keluar masuknya udara untuk menghindari terjadinya bau amis pada saat proses pengomposan berjalan. Keuntungan dari pengomposan yaitu memperbaiki tanah berlempung sehingga menjadi ringan, memperbesar daya ikat tanah berpasir sehingga tanah tidak saling lepas, menambah daya ikat air pada tanah, memperbaiki tata udara dalam tanah, mempertinggi daya ikat tanah terhadap zat hara, mengandung hara yang lengkap meskipun dalam jumlah yang sedikit, mempercepat dalam proses pelapukan bahan mineral, memberikan bahan makanan untuk mikroba dan menurunkan aktivitas mikroba yang merugikan[8]. Visualisasi komposter aerob dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Komposter Aerob

2.3 Kelembapan Pupuk Kompos

Kelembapan merupakan kandungan kadar air yang terdapat dalam tumpukan bahan pupuk kompos (daun kering, daun hijau, dll) untuk menjaga keberlangsungan hidup mikroorganisme yang berfungsi untuk penguraian bahan-bahan pupuk tersebut. Kelembapan optimum pada pupuk kompos antara 40%-60% secara menyeluruh untuk metabolisme mikroba, apabila kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%. Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, hara akan tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap[3]. Berikut gambar 2.2 merupakan ilustrasi tumpukan kompos.

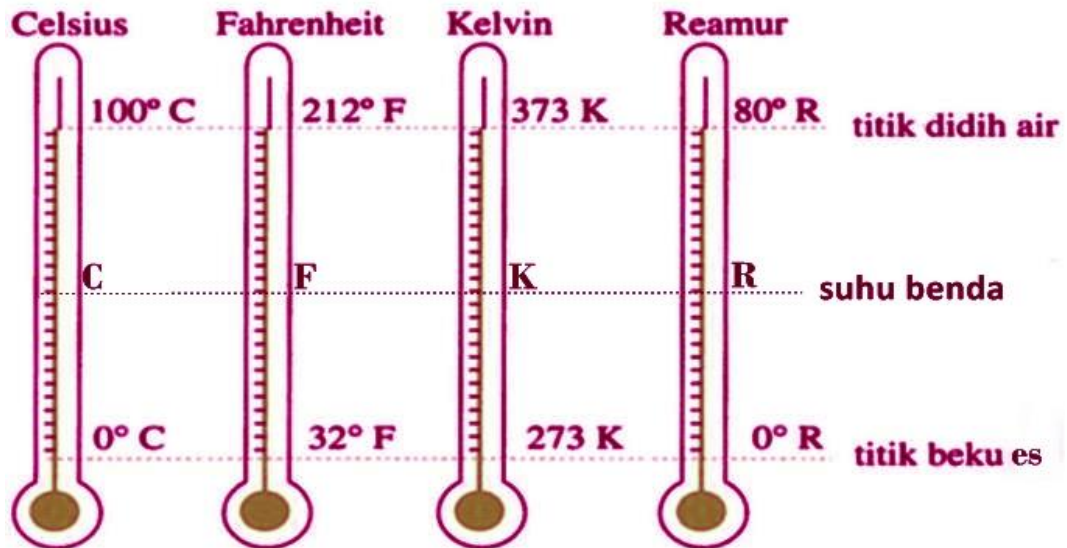


Gambar 2.2 Ilustrasi Tumpukan Kompos

2.4 Suhu

Suhu atau *temperature* merupakan sebuah besaran yang menyatakan tingkatan dingin dan panas pada suatu benda, pada dasarnya suhu untuk menyatakan suatu tingkatan panas atau dingin pada keadaan ataupun zat baik itu padat, cair ataupun gas secara akurat[9]. Parameter suhu sangat berperan penting pada pembuatan pupuk kompos untuk memastikan keberlangsungan proses dekomposisi berjalan dengan baik, suhu yang optimum pada proses dekomposisi yaitu antara 25°C-40°C suhu yang lebih tinggi dari 40°C akan membunuh sebagian mikroba dan hanya mikroba thermofilik saja yang akan tetap bertahan hidup suhu

yang tinggi juga akan membunuh mikroba-mikroba pathogen tanaman dan benih-benih gulma. Gambar 2.3 merupakan ilustrasi skala suhu.



Gambar 2. 3 Ilustrasi Skala Suhu

2.5 pH

pH atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda, pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai $\text{pH} > 7$ menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai $\text{pH} < 7$ menunjukkan keasaman. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaan tertinggi. pH pada pupuk kompos mempunyai peranan penting untuk menstabilkan atau memperbaiki tingkat asam basa pada tanah yang dapat membantu penyuburan pada tanaman yang baik. pH yang optimum pada pupuk kompos antara pH 6,50 sampai p.H 7,49[5].

2.6 Logika Fuzzy

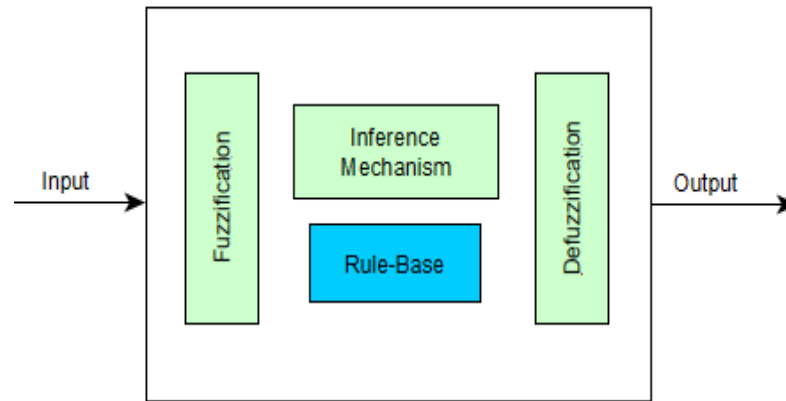
Logika fuzzy (logika samar) merupakan peningkatan dari logika Boolean oleh Lotfi Zadeh pada tahun 1965 berbasiskan teori matematika himpunan fuzzy, yang merupakan generalisasi dari teori himpunan klasik. Dengan memperkenalkan

pengertian derajat dalam verifikasi suatu kondisi, sehingga memungkinkan suatu kondisi untuk berada dalam kondisi selain benar atau salah, logika fuzzy memberikan nilai yang sangat fleksibilitas untuk penalaran, yang memungkinkan untuk memperhitungkan ketidakakuratan dan ketidakpastian. Salah satu keuntungan logika fuzzy dalam rangka memformalkan penalaran manusia adalah aturannya diatur dalam bahasa alami (*linguistic*), pada prinsipnya himpunan fuzzy adalah perluasan himpunan crisp, yaitu himpunan yang membagi sekelompok individu kedalam dua kategori, yaitu anggota dan bukan anggota[10].

Pada himpunan tegas (crisp), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A [x]$, memiliki 2 kemungkinan, yaitu Satu (1) yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan. Nol (0) yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan. Pada himpunan crisp, nilai keanggotaan hanya 2 kemungkinan, yaitu 0 atau 1, sedangkan pada himpunan fuzzy nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy, semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negative. Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy, fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data kedalam nilai keanggotaan yang memiliki interval antara 0 sampai 1[11]. Pada umumnya tahapan untuk membangun kontrol logika

fuzzy yakni *fuzzifikasi*, *fuzzy inference mechanism(rulesbase)* dan *defuzzifikasi*.

Gambar 2.4 merupakan komponen dari kontrol logika *fuzzy*.

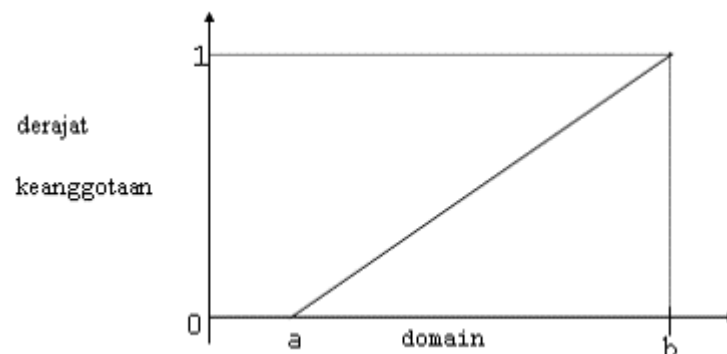


Gambar 2. 4 Kontrol Logika Fuzzy

1. Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi adalah proses untuk mengubah input sistem yang mempunyai nilai tegas menjadi variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan yang disimpan dalam basis pengetahuan fuzzy. Terdapat beberapa jenis kurva yakni :

- a. Kurva Linear Naik, yaitu fungsi yang berawal pada derajat keanggotaan 0 dan semakin meningkat sampai. Berikut Gambar 2.5 adalah Kurva Linier naik.

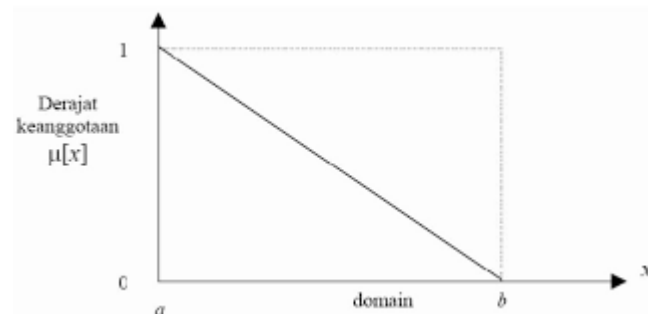


Gambar 2. 5 Kurva Linear Naik

Dengan persamaan fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & a \leq x \leq b; \dots\dots\dots(2.1) \\ 1 & x = b \end{cases}$$

- b. Kurva Linear menurun, yaitu berawal dari derajat keanggotaan 1 yang menurun hingga nilai domain yang lebih tinggi. Berikut Gambar 2.6 kurva linear menurun.

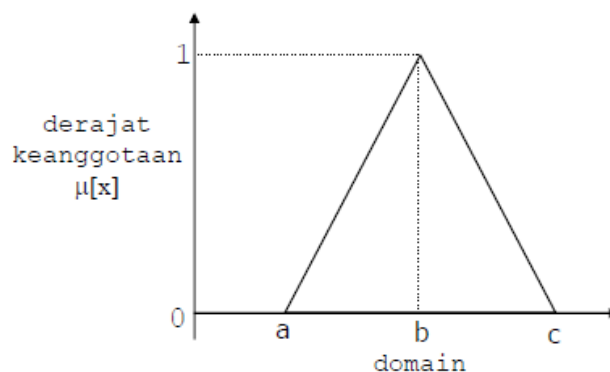


Gambar 2. 6 Kurva Linear Menurun

Dengan persamaan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(b-a)} & a \leq x \leq b; \dots\dots\dots(2.2) \\ 0 & x > b \end{cases}$$

- c. Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (*linear*) naik dan turun, seperti pada Gambar 2.7 berikut.



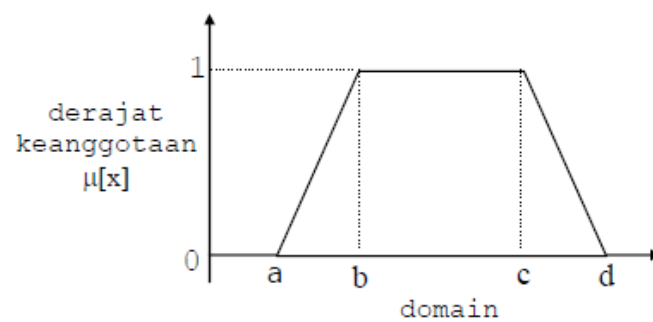
Gambar 2. 7 Kurva Segitiga

Persamaan Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases} \dots\dots\dots(2.4)$$

- d. Kurva Trapezium, yaitu gabungan antara kurva segitiga dengan beberapa titik yang bernilai satu diantara fungsi linear naik dan turun.

Gambar 2.8 kurva trapezium.

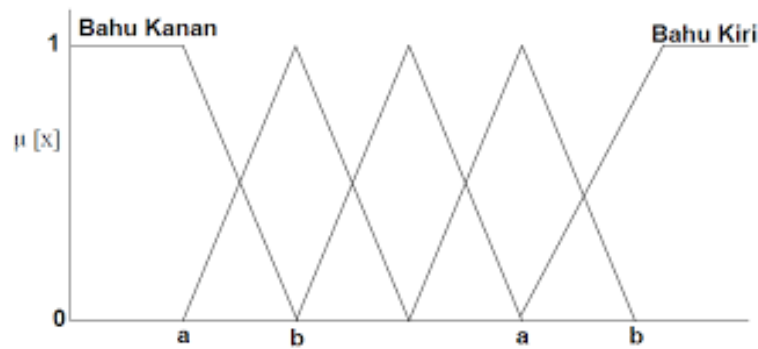


Gambar 2. 8 Kurva Trapezium

Persamaan fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & c \leq x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases} \dots\dots\dots(2.5)$$

- e. Kurva Bahu, yaitu Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Gambar 2.9 kurva bahu.



Gambar 2. 9 Kurva Bahu

Persamaan fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 1 & x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & b \leq x \leq c \\ 0 & x \geq c \end{cases} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \leq b \\ \frac{(x-b)}{(c-b)} & b \leq x \leq c \\ 1 & x \geq c \end{cases}$$

2. *Fuzzy Infrence System (FIS)*

Pada bagian ini yaitu proses untuk mengubah *input* fuzzy menjadi *output* fuzzy dengan cara mengikuti aturan-aturan (*IF-THEN Rules*) yang telah ditetapkan pada basis pengetahuan fuzzy. Apabila terdapat 2 himpunan keanggotaan fuzzy maka akan dilakukan operasi fuzzy untuk mengkombinasikan antara 2 himpunan keanggotaan fuzzy atau lebih.

Terdapat 3 operator dasar fuzzy, yakni :

1. Operator AND, operator AND yang berhubungan dengan interseksi pada himpunan yang menghasilkan nilai keanggotaan terkecil (*minimum*) antara himpunan. Berikut fungsi persamaan operator AND.

$$\mu A \cap B = \min(\mu A [x], \mu B [x]) \dots\dots\dots(2.7)$$

- 2. Operator OR, yaitu yang berhubungan dengan komplemen pada himpunan yang menghasilkan nilai keanggotaan terbesar (*maximum*) antara himpunan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B [y]) \dots \dots \dots (2.8)$$

- 3. Operator NOT, yaitu Operator yang berhubungan dengan komplemen pada himpunan yang menghasilkan nilai keanggotaan elemen dengan 1.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A[x] \dots \dots \dots (2.9)$$

Oleh karena itu, semua aturan atau *rule* harus didefinisikan lebih dahulu sebelum membangun sebuah FIS yang akan digunakan untuk menginterpretasikan sebuah *rule* tersebut. Terdapat beberapa jenis FIS yang dikenal yakni Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. Metode mamdani Diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min, menggunakan MIN pada fungsi implikasi, dan MAX pada komposisi antar fungsi implikasi, implikasi adalah proses mendapatkan keluaran dari *IF-THEN Rule*[12].

3. Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi ialah proses mengubah output fuzzy yang diperoleh dari inferensi fuzzy menjadi nilai tegas menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan fuzzyfikasi. Terdapat cara-cara untuk melakukan defuzzyfikasi yaitu :

1. *Centroid of Area*

$$Z_{COA} = \frac{\int z\mu_A(z)z dz}{\int z\mu_A(z) dz} \dots \dots \dots (2.10)$$

2. Bisector of Area

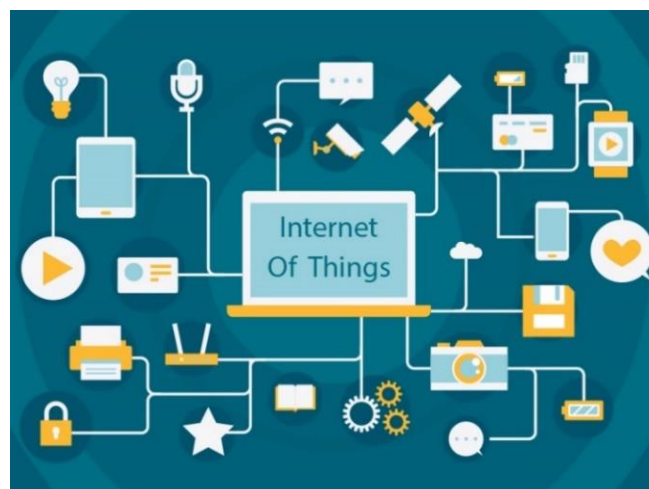
$$\int_{\alpha}^{z^{BOA}} \mu A(z) dz = \int_{z^{BOA}}^{\beta} \mu A(z) dz \dots \dots \dots (2.11)$$

3. Mean of Maximum

$$Z_{MOM} = \frac{\int z' z dz}{\int z' dz} \dots \dots \dots (2.12)$$

2.7 Internet of Things (IoT)

Internet of Things atau dikenal dengan singkatan IoT merupakan sebuah frasa yang merujuk pada sebuah ekosistem jaringan global yang terbangun dari sebuah sistem yang mengintegrasikan beberapa perangkat seperti sensor, kamera, perangkat lunak, dan objek-objek fisis lain agar terhubung satu sama lain dalam sebuah jaringan internet. Konsep dasar dari IoT sendiri merupakan gabungan dari layanan web, *Radio Frequency Identification (RFID)*, *Global Positioning System (GPS)*, dan beberapa sensor yang berkomunikasi melalui protokol tertentu untuk berkomunikasi agar saling bertukar data, bertukar informasi, melacak, memantau dan mengelola jaringan[13]. Berikut Gambar 2.10 merupakan visualisasi sistem IoT.

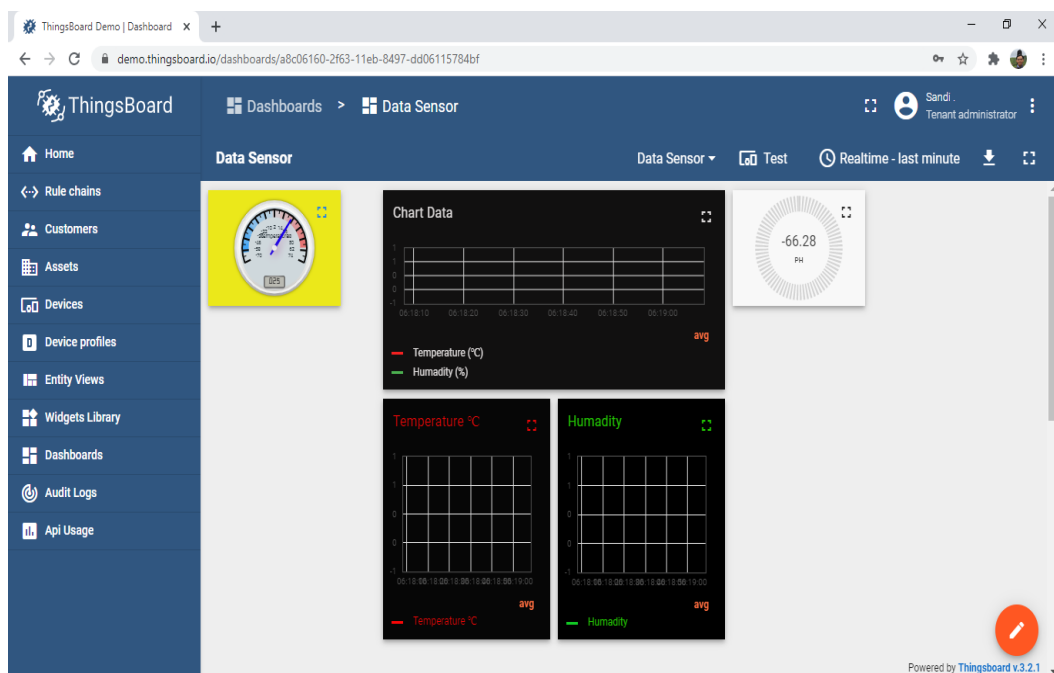


Gambar 2. 10 Visualisasi sistem IoT

Peminatan dan pemanfaatan IoT yang sangat pesat sehingga banyak pengembang (*develop*) telah meluncurkan berbagai *platform IoT open source* berbasis web server yang dapat diakses melalui laman browser, salah satunya yaitu *ThingsBoard*.

2.7.1 *ThingsBoard*

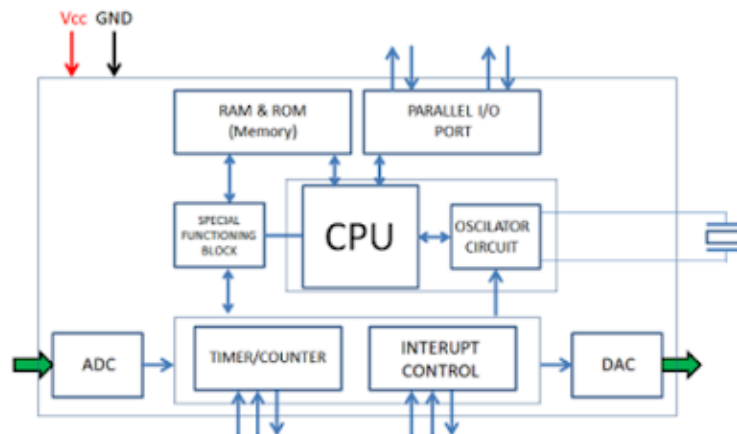
ThingsBoard merupakan sebuah *platform internet of things (IoT) open source* berbasis web server yang memungkinkan untuk memonitoring dan menyimpan data secara *realtime* dari perangkat-perangkat sensor elektronika serta menyediakan infrastruktur di sisi server, terdiri dari database, MQTT broker dan web server yang juga terdapat dashboard yang memudahkan pengguna (*user*) dalam menganalisa data-data tersebut. Selain itu *thingsboard* sangat mudah dalam perancangannya sehingga tidak memerlukan pemahaman Bahasa pemrograman yang kompleks. Visualisasi dashboard dari *thingsboard*[14] dapat dilihat pada Gambar 2.11 berikut.



Gambar 2.11 Visualisasi Dashboard Thingsboard

2.8 Mikrokontroler



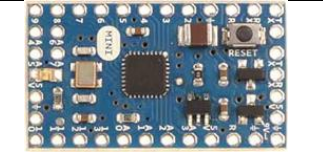


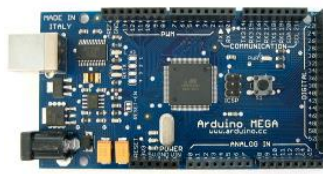


Mikrokontroler merupakan sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip IC (*integrated circuit*) dan dirancang untuk melakukan suatu operasi atau tugas tertentu. Pada dasarnya, sebuah IC mikrokontroler terdiri satu atau lebih inti *processor* (CPU), memori (RAM,ROM), *timer/counter* serta perangkat *input* dan *output* (I/O) yang dapat diprogram. Pada pengaplikasiannya mikrokontroler sering dimanfaatkan sebagai pendukung sistem otomasi seperti pengendali jarak jauh, mesin, peralatan listrik, *control plant*, robotika sampai perangkat medis. Gambar 2.12 merupakan blok diagram dan struktur mikrokontroler[13].




Gambar 2.12 Blok diagram dan Struktur Mikrokontroler

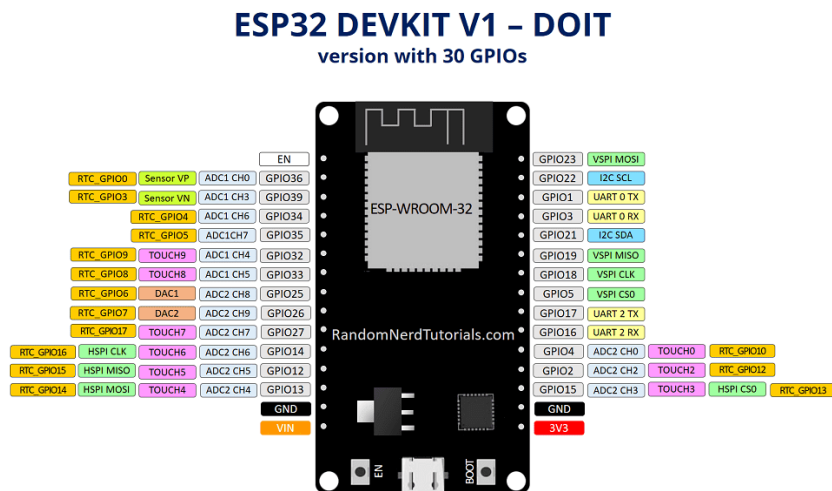
Terdapat beberapa varian mikrokontroler yang beredar dipasaran seperti AVR, MCS51, dan PIC. Namun yang paling sering dan umum digunakan dalam bidang elektronika dan instrumentasi yaitu mikrokontroler AVR adalah salah satu jenis arsitektur mikrokontroler yang menjadi andalan Atmel. Arsitektur ini didesain dengan berbagai kelebihan dan penyempurnaan dari arsitektur mikrokontroler-mikrokontroler yang telah ada. Dipasaran telah banyak beredar sistem minimum yang menggunakan mikrokontroler AVR jenis Atmel yaitu Arduino, Arduino memiliki beberapa tipe, berikut tipe-tipe Arduino yang sering digunakan dan banyak beredar dipasaran dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Tipe-tipe Arduino

Nama	Tahun	Mikrokontroler	
Diecimilia	2007	ATMega168V	
Nano	2008	ATMega328 / ATMega168	
Mini	2008	ATMega168	
Mini Pro	2008	ATMega328	
Duemilanove	2008	ATMega328 / ATMega168	
Mega	2009	ATMega1280	
Mega 2560	2010	ATMega2560	
Uno	2010	ATMega328P	

Ethernet	2011	ATMega328	
----------	------	-----------	---

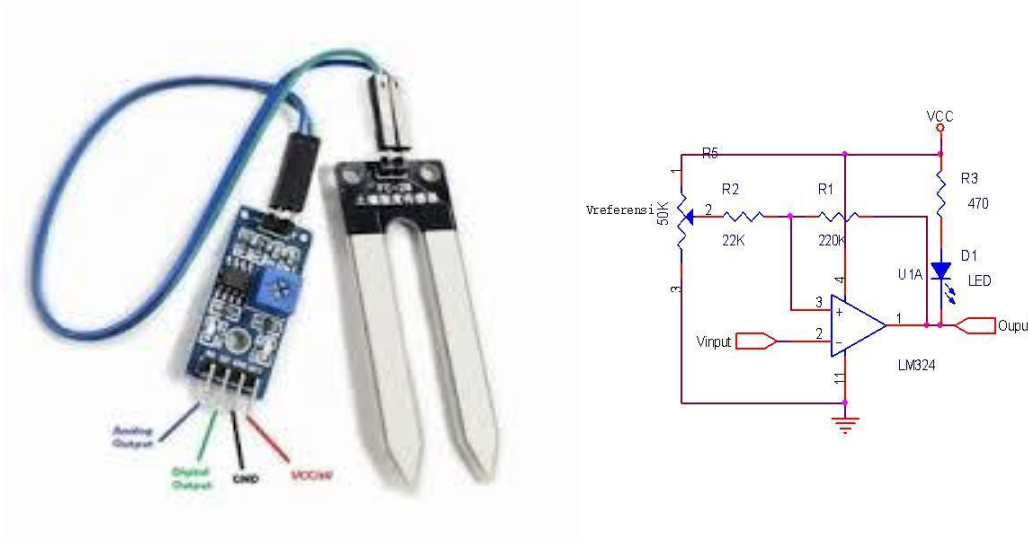
Selain Arduino, mikrokontroler yang populer dipasaran dan sering banyak digunakan dalam pengaplikasian sistem yang berbasis *Internet of Things* (IoT) yaitu ESP32 yang memiliki sistem minimum sendiri dan sudah dilengkapi dengan chip yang bisa terhubung dengan internet sebagai pengembangan dari generasi sebelumnya yaitu ESP8266 atau lebih dikenal dengan sebutan NodeMCU, sistem pemrogramannya dapat menggunakan IDE Arduino. Pada penelitian ini penulis akan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai inti berjalannya proses sistem yang rancang. Gambar 2.13 merupakan ESP32 Dev Board.



Gambar 2.13 ESP32 Dev Board

2.9 Sensor Kelembapan (YL-69)

Sensor YL-69 merupakan sensor kelembapan tanah atau *soil moisture sensor* adalah jenis sensor kelembapan yang mampu mendeteksi intensitas air di dalam tumpukan bahan pupuk. Sensor ini sangat sederhana, tetapi ideal untuk memantau tingkat air, sensor ini terdiri dua probe untuk melewati arus melalui tumpukan, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembapan. Semakin banyak air membuat lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan objek ukur yang kering sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar). Nilai yang dibaca oleh sensor kelembapan YL-69 menghasilkan nilai yang besar pada tumpukan objek ukur dengan kandungan air yang rendah dan sebaliknya, menghasilkan nilai yang kecil pada objek ukur dengan kandungan air yang lebih banyak[16]. Sensor YL-69 dapat pada Gambar 2.14 berikut.



Gambar 2.14 Sensor YL-69

2.10 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 berbasis IC LM33 adalah suatu komponen yang dapat mengubah besaran panas menjadi besaran listrik sehingga dapat mendeteksi

yang nantinya hasil pembacaan tersebut akan ditampilkan[6]. Berikut Gambar 2.16 sensor pH.



Gambar 2.16 Sensor pH

2.12 Sensor Water Flow

Water Flow sensor adalah sensor yang mempunyai fungsi sebagai penghitung debit air yang mengalir yang dimana terjadi pergerakan motor yang akan dikonversi kedalam nilai satuan Liter. Sensor ini terdiri dari beberapa bagian yaitu katup plastik, rotor air, dan sensor hall efek. Motor yang ada di module akan bergerak dengan kecepatan yang berubah-ubah sesuai dengan kecepatan aliran air yang mengalir. Sedangkan pada sensor hall efek yang terdapat pada sensor ini akan membaca sinyal yang berupa tegangan yang diubah menjadi pulsa dikirim ke mikrokontroler dan diolah sebagai data laju akan debit air yang mengalir. Prinsip kerja sensor *water flow*, air yang mengalir akan melewati katup dan akan membuat rotor magnet berputar dengan kecepatan tertentu sesuai dengan tingkat aliran yang mengalir. Medan magnet yang terdapat pada rotor akan memberikan efek pada sensor efek hall dan itu akan menghasilkan sebuah sinyal pulsa yang berupa tegangan (*Pulse Width Modulator*). *Output* dari pulsa tegangan memiliki tingkat tegangan yang sama dengan input dengan frekuensi laju aliran air. Sinyal tersebut

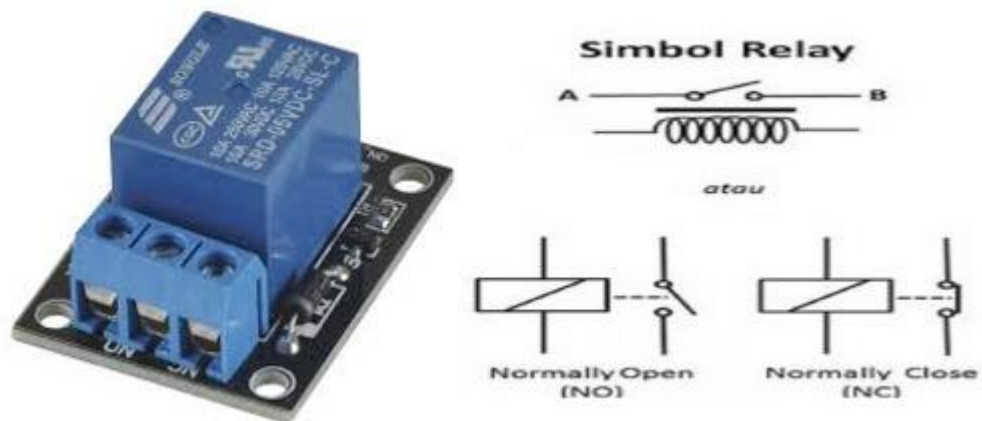
dapat diolah menjadi data digital melalui mikrokontroler[18]. Gambar 2.17 merupakan sensor *water flow*.



Gambar 2.17 Sensor Water Flow

2.13 Relay

Relay merupakan komponen elektronika berupa saklar atau *switch* elektrik yang dioperasikan secara listrik dan terdiri dari 2 bagian utama yaitu Elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak Saklar/*Switch*). Komponen elektronika ini menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Relay berfungsi sebagai saklar elektrik, namun jika diaplikasikan ke dalam rangkaian elektronika maka relay memiliki beberapa fungsi yaitu menjalankan fungsi logika, memberikan fungsi penundaan waktu, mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan bantuan signal tegangan rendah dan melindungi motor serta komponen lainnya dari kosleting atau kelebihan tegangan[19]. Visualisasi modul relay dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Relay Modul

2.14 Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan/solenoida. *Solenoid valve* adalah elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam *fluidics*. Tugas dari solenoid valve adalah untuk mematikan, *release*, *dose*, *distribute* atau *mix fluids*. *Solenoid valve* menawarkan *switching* cepat dan aman, keandalan yang tinggi, awet/masa *service* yang cukup lama, kompatibilitas media yang baik dari bahan yang digunakan, daya kontrol yang rendah dan desain yang kompak. *Solenoid valve* akan bekerja bila kumparan (*coil*) mendapatkan tegangan arus listrik yang sesuai dengan tegangan kerja (100/200VAC dan 12/24VDC). Sebuah pin akan tertarik karena gaya magnet yang dihasilkan dari kumparan solenoida tersebut. Saat pin tersebut ditarik naik maka fluida akan mengalir dari sisi input menuju sisi output dengan cepat [20]. *Solenoid Valve* dapat dilihat pada Gambar 2.19 berikut.



Gambar 2.19 Solenoid Valve