

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Sebelumnya**

Haryanto (2018) sistem monitoring suhu dan kelembapan secara nirkabel pada budidaya Tanaman hidroponik. Pada penelitian ini didapat hasil perbandingan sensor DHT11 dengan alat ukur Thermo-Hygro yaitu rata-rata error suhu  $0,75^{\circ}\text{C}$  dan kelembapan 3%. Hasil pengujian empat unit sensor DHT11 di luar ruangan didapat nilai rata-rata suhu sebesar  $28,94^{\circ}\text{C}$  dan kelembapan sebesar 59,6% dengan jarak jangkauan Xbee mencapai 240 meter, sedangkan nilai rata-rata suhu dan kelembapan hasil pengujian di dalam ruangan yaitu  $29,14^{\circ}\text{C}$  dan 58,86% dengan jarak jangkauan Xbee mencapai 70 meter, sedangkan penelitian menurut penelitian lain.

Puspasari (2018) Otomasi sistem hidroponik Wic Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Ceri. Pengendalian temperatur dan kelembapan ruangan, serta kandungan pH dan EC pada larutan nutrisi. Sistem pengendalian pada makalah ini menggunakan metode PID dan on/off. Metode PID diterapkan pada pengendalian temperatur, sedangkan metode on/off diterapkan pada pengendalian kelembapan, pH, dan EC. Metode PID pada pengendalian temperatur menggunakan parameter  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  sebesar berturut-turut 3, 2, dan 10 yang menghasilkan rise time sebesar 60 menit, overshoot sebesar 1,17%, serta settling time sebesar 57,5 menit. Hasil pengaturan kelembapan dengan metode on/off dapat mencapai nilai set point 80% selama 150 detik, sedangkan hasil pengujian pH menunjukkan respons waktu dari nilai awal pH 6,9 menjadi nilai pH 5,34 adalah selama 12,8 menit. Selanjutnya adalah penelitian yang diteliti.

Prasetya (2019) dengan judul Fuzzy Mamdani pada Tanaman Tomat Hidroponik (Mamdani Fuzzy On Hydroponics Tomato Plants). Menurut penelitian ini Tanaman Tomat merupakan salah satu komoditas pertanian yang banyak dibutuhkan oleh masyarakat. Kebanyakan petani menanam tomat dengan cara konvensional disawah, ladang atau dikebun tanpa adanya kontrol dan pengukuran hanya mengandalkan pengalaman

dan faktor kebiasaan saja, sehingga kebutuhan pH dan suhu ruang tanam dari tanaman tomat tidak dapat diberikan sesuai kebutuhannya, adapun kebutuhan pH dari tanaman tomat 6,5 dan suhu ruang tanam 28°C, dan kelembaban tanah sebesar 70% menggunakan metode tanam hidroponik yang dikontrol secara otomatis oleh mikrokontroler berbasis arduino dengan penerapan fuzzy mamdani memudahkan dalam melakukan pengaturan pH media tanam menggunakan sensor pH tanah sebagai input dan suhu ruang tanam menggunakan sensor suhu LM35, serta sensor kelembaban tanah menggunakan sensor kelembaban fc28, sebagai output sistem digunakan fan dan solenoid valve. Untuk mengetahui nutrisi tanaman salah satu indikatornya adalah nilai pH media tanah, temperatur ruangan dan kelembaban media tanam.

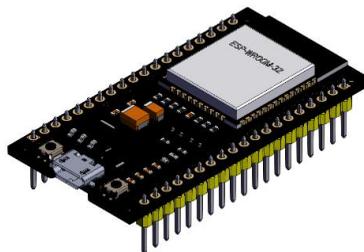
Namun didalam penelitian ini difokuskan pada pengendalian suhu dan kelembapan pada tanaman tomat hidroponik. Kelebihan dari sistem ini adalah terdapat sistem kontrol dan monitoring dengan menggunakan aplikasi android yang dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja hanya dengan koneksi internet. Selain itu juga dapat memberikan vitamin dan memonitoring pH air dengan aplikasi saja.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 NodeMCU ESP32**

NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat opensource. Terdiri dari perangkat keras berupa System On Chip ESP32. dari ESP32 buatan Espressif System, juga firmware yang digunakan, yang menggunakan bahasa pemrograman scripting Lua. Istilah NodeMCU secara default sebenarnya mengacu pada firmware yang digunakan dari pada perangkat keras development kit NodeMCU bisa dianalogikan sebagai board arduino-nya ESP32. Sejarah lahirnya NodeMCU berdekatan dengan rilis ESP32 pada 30 Desember 2013, Espressif Systems selaku pembuat ESP32 memulai produksi ESP32 yang merupakan SoC Wi-Fi yang terintegrasi dengan prosesor Tensilica Xtensa LX106. Sedangkan NodeMCU dimulai pada 13 Oktober 2014 saat Hong mecommit file pertama nodemcu-firmware ke Github. Dua

bulan kemudian project tersebut dikembangkan ke platform perangkat keras ketika Huang R meng-commit file dari board ESP32 , yang diberi nama devkit v.0.9. Berikutnya, di bulan yang sama. Tuan PM memporting pustaka client MQTT dari Contiki ke platform SOC ESP32 dan di-commit ke project NodeMCU yang membuatnya mendukung protokol IOT MQTT melalui Lua. Pemutakhiran penting berikutnya terjadi pada 30 Januari 2015 ketika Devsaurus memporting u8glib ke project NodeMCU yang memungkinkan NodeMCU bisa mendrive display LCD, OLED, hingga VGA. Demikianlah, project NodeMCU terus berkebang hingga kini berkat komunitas open source dibaliknya, pada musim panas 2016 NodeMCU sudah terdiri memiliki 40 modul fungsionalitas yang bisa digunakan sesuai kebutuhan developer. Karena jantung dari NodeMCU adalah ESP32 (khususnya seri ESP-12, termasuk ESP-12E) maka fitur – fitur yang dimiliki NodeMCU akan kurang lebih sama ESP-12 (juga ESP-12E untuk NodeMCU v.2 dan v.3) kecuali NodeMCU telah dibungkus oleh API sendiri yang dibangun berdasarkan bahasa pemrograman eLua, yang kurang lebih cukup mirip dengan javascript. Modul ini membutuhkan daya sekitar 3.3 v dengan memiliki tiga mode wifi yaitu Station, Access Point dan Both (Keduanya). Modul ini juga dilengkapi dengan prosesor, memori dan GPIO dimana jumlah pin bergantung dengan jenis ESP32 yang kita gunakan. Sehingga modul ini bisa berdiri sendiri tanpa menggunakan mikrokontroler apapun karena sudah memiliki perlengkapan layaknya mikrokontroler. Berikut adalah gambar ESP32.



Gambar 2. 1 ESP32

Berikut adalah spesifikasi ESP32 seperti purwarupa yang berada pada Gambar 2.1. Spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Spesifikasi ESP32

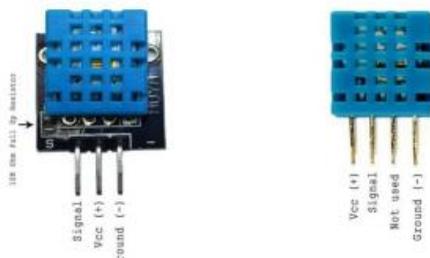
<b>Spesifikasi</b>	<b>ESP32</b>
MCU	Xtensa Dual Core 32 bit LX6 600 DMIPS
802.11 /b/g/n Wi-Fi	Yes, HT40
Bluetooth	Bluetooth 4.2 and Below
Typical Frequency	160 MHz
SRAM	512 kBytes
Flash	SPI Flash, up to 16 Mbytes
GPIO	36
Hardware / Software PWM	1/16 Channels
SPI / I2C /I2S/UART	4/2/2/2
ADC	12 bit
CAN	1
Ethernet MAC Interfaces	1
Touch Sensor	Yes
Temperature Sensor	Yes
Working Temperature	-40°C – 125°C

### 2.2.1 Sensor DHT11

Sensor suhu dan kelembapan DHT11 merupakan sensor untuk mensensing objek suhu dan kelembapan pada 1 module yang dimana memiliki output sinyal digital yang sudah terkalibrasi. Module sensor ini tergolong kedalam elemen resistif seperti perangkat pengukur suhu seperti contohnya yaitu NTC. keunggulan dari sensor DHT11 dibanding dengan yang lainnya antara lain memiliki kualitas pembacaan data sensing yang sangat baik, responsif (cepat dalam pembacaan kondisi ruangan) serta tidak mudah terinterferensi. DHT11 adalah salah satu sensor yang dapat mengukur dua parameter lingkungan sekaligus, yakni

suhu dan kelembaban udara (humidity). Dalam sensor ini terdapat sebuah thermistor tipe NTC (Negative Temperature Coefficient) untuk mengukur suhu, sebuah sensor kelembaban tipe resistif dan sebuah mikrokontroler 8-bit yang mengolah kedua sensor tersebut dan mengirim hasilnya ke pin output dengan format single-wire bi-directional (kabel tunggal dua arah).

Sensor suhu dan kelembaban DHT11 merupakan sensor untuk mensensing objek suhu dan kelembaban pada 1 module yang dimana memiliki output sinyal digital yang sudah terkalibrasi. Module sensor ini tergolong kedalam elemen resistif seperti perangkat pengukur suhu seperti contohnya yaitu NTC. keunggulan dari sensor DHT11 dibanding dengan yang lainnya antara lain memiliki kualitas pembacaan data sensing yang sangat baik, responsif (cepat dalam pembacaan kondisi ruangan) serta tidak mudah terinterferensi. DHT11 adalah salah satu sensor yang dapat mengukur dua parameter lingkungan sekaligus, yakni suhu dan kelembaban udara (humidity). Dalam sensor ini terdapat sebuah thermistor tipe NTC (Negative Temperature Coefficient) untuk mengukur suhu, sebuah sensor kelembaban tipe resistif dan sebuah mikrokontroler 8-bit yang mengolah kedua sensor tersebut dan mengirim hasilnya ke pin output dengan format single-wire bi-directional (kabel tunggal dua arah).



Gambar 2. 2 DHT11

Tabel 2. 2 Spesifikasi DHT11

Spesifikasi	DHT11
Tegangan Input	3.5 – 5 VDC
Sistem Komunikasi	Serial (Single – Wire Two Way)
Range Suhu	0°C – 50°C
Range Kelembapan	20% - 90%
Akurasi	2°C (Temperature) , 5% RH (Humidity)

### 2.2.2 Sensor PH

Sebuah pH meter terdiri dari sebuah elektroda (probe pengukur) yang terhubung ke sebuah alat elektronik yang mengukur dan menampilkan nilai pH. Prinsip kerja utama pH meter adalah terletak pada sensor probe berupa elektrode kaca dengan cara mengukur jumlah ion  $H_3O^+$  di dalam larutan. Ujung elektrode kaca adalah lapisan kaca setebal 0.1 mm yang berbentuk bulat (bulb). Bulb ini dipasangkan dengan silinder kaca non konduktor atau plastik memanjang. Inti sensor pH terdapat pada permukaan bulb kaca yang memiliki kemampuan untuk bertukar ion positif ( $H^+$ ) dengan larutan terukur. Sensor PH dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Sensor PH

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor PH

Spesifikasi	Sensor PH
Module Power	5 V
Module Size	43mm x 32 mm
Measuring Range	0-14 PH
Measuring Temperature	0 – 60 °C
Accuracy	0.1 pH (25°C)
Response Time	< 1 min
Konektor	BNC
Length Cable BNC	660 mm

### 2.2.3 Web Server Firebase

Firebase Realtime Database adalah sebuah NoSQL database yang disediakan oleh Firebase. NoSQL database merupakan database yang tidak menggunakan sistem relasi layaknya pada database MySQL. Metode penyimpanan data di dalam NoSQL menggunakan objek yang menggunakan format JSON (JavaScript Object Notation). Firebase memungkinkan untuk menggunakan NoSQL database yang dibagikan kepada semua user, dan ketika terjadi perubahan data pada database tersebut, user akan segera mendapatkan update data secara real time. Tetapi bukan berarti database ini tidak mempunyai unsur keamanan, pada firebase database bisa mengatur hak akses yang berbeda untuk setiap user. Kelebihan dari Firebase Realtime Database ini dapat menyimpan data secara lokal ketika tidak ada akses internet, kemudian melakukan sinkronasi data segera setelah mendapatkan akses internet.

### 2.2.4 Humidifier

Humidifier adalah alat yang digunakan untuk menambahkan kelembapan udara. Pada penelitian ini humidifier digunakan untuk melembapkan udara pada tanaman hidroponik sehingga kelembapan tetap terjaga. Tanaman hidroponik menjadi sehat seperti harapan pengguna. Humidifier adalah berbahan dasar air sehingga sangat aman untuk digunakan pada tanaman. Humidifier dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Humidifier

Spesifikasi	Humidifier
Tegangan Input	5 VDC
Current	1A
Spray amount	35 mL/h
Rated Power	1.5 W
Working Temperature	-10 to 50 °C
Short Cotton core Size	9.5 mm * 125 mm
Long Cotton core Size	9.5 mm * 200 mm

### 2.2.5 Lampu Bohlam

Lampu Bohlam adalah lampu yang menggunakan listrik AC. Lampu bohlam pada sistem ini adalah sebagai pengganti matahari sehingga tanaman hidroponik yang didesain untuk didalam ruangan bisa mendapatkan panas yang dapat disetting sesuai dengan kebutuhan tanaman. Bohlam dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 2. 5 Bohlam

### 2.2.6 Relay

Relay adalah suatu peralatan elektronik yang berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan suatu rangkaian elektronik yang satu dengan rangkaian elektronik yang lainnya. Relay adalah komponen listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetis. Jika sebuah penghantar dialiri oleh arus listrik, maka di sekitar penghantar tersebut timbul medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik tersebut selanjutnya diinduksikan ke logam ferromagnetis. Logam ferromagnetis adalah logam yang mudah terinduksi medan elektromagnetis. Ketika ada induksi magnet dari lilitan yang membelit logam, logam tersebut akan menjadi magnet buatan yang sifatnya sementara. Cara ini biasa digunakan untuk membuat magnet non permanen. Sifat kemagnetan pada logam ferromagnetis akan tetap ada selama pada kumparan yang melilitinya teraliri arus listrik. Sebaliknya, sifat kemagnetannya akan hilang jika suplai arus listrik ke lilitan diputuskan.



Gambar 2. 6 Relay

Tabel 2. 4 Spesifikasi Relay

Spesifikasi	Relay
Channel	4
Power Supply	5V – 7.5 V
Equiped with high-current relay	AC250V 10A; DC30V 10A

### 2.2.7 Hidroponik

Hidroponik merupakan cara budidaya tanaman dengan menggunakan air yang telah dilarutkan nutrisi yang dibutuhkan tanaman sebagai media tumbuh tanaman untuk menggantikan tanah. Konsentrasi larutan nutrisi harus dipertahankan pada tingkat tertentu agar pertumbuhan dan produksi tanaman optimal. Hidroponik dapat menjadi salah satu alternatif terbatasnya lahan pertanian dan dapat dilakukan pada lahan yang kesuburannya rendah maupun wilayah padat penduduk. Komoditas yang dapat dipilih dalam budidaya secara hidroponik seperti endive, selada keriting hijau, selada keriting merah, lollo rossa, butterhead, christine, packcoy, monde dan selada Romain yang jarang dibudidayakan petani konvensional. Teknik budidaya ini memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan metode konvensional di tanah yaitu hasil tanaman lebih bersih, nutrisi yang digunakan lebih efisien karena sesuai dengan kebutuhan tanaman, tanaman bebas dari gulma,

tanaman relatif jarang terserang hama dan penyakit karena terkontrol, kualitas dan kuantitas produksi lebih tinggi sehingga memiliki nilai jual tinggi, dan dapat menggunakan lahan sempit.

Budidaya secara hidroponik lebih ramah lingkungan karena tidak menggunakan pestisida, tidak meninggalkan residu dan kebutuhan air lebih hemat serta tanaman tumbuh lebih cepat. Kelemahan sistem budidaya hidroponik meliputi investasi awal cukup mahal, tenaga kerja harus terlatih dan pemilihan pasar harus tepat. Sistem Hidroponik dapat dilihat pada Gambar 2.7

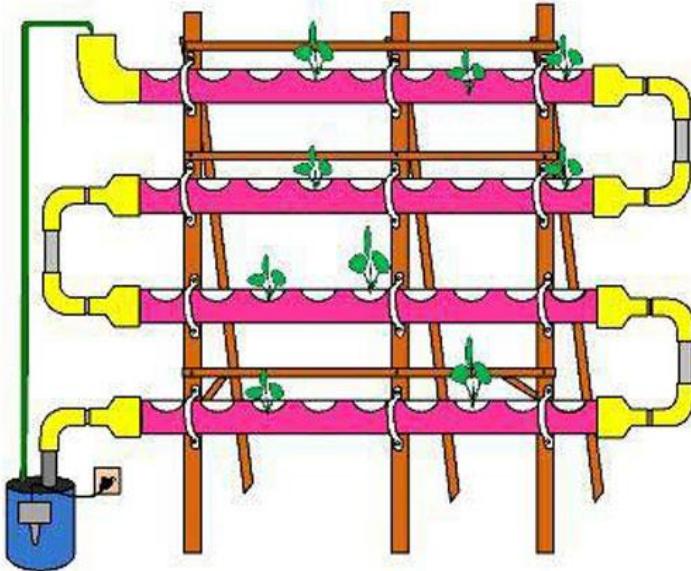


Gambar 2. 7 Sistem Hidroponik

### 2.2.8 Teknik Hidroponik DFT (*Deep Floating Technique*)

DFT atau *Deep Flow Technique* adalah salah satu sistem tanam dalam hidroponik yang menggunakan genangan pada instalasi dan menggunakan sirkulasi dengan aliran pelan. Sistem ini menggunakan listik sebagai penggerak pompa agar dapat dengan mudah mensirkulasi nutrisi ke seluruh akar tanaman. DFT hampir sama dengan sistem NFT yaitu mensirkulasi namun, pada sistem ini instalasi yang digunakan tidak menggunakan kemiringan. Bentuk instalasi pada DFT datar sehingga dapat mempertahankan air nutrisi untuk menggenang. Ketinggian air nutrisi yang menggenang di dalam instalasi sekitar 4 – 6 cm. Tingginya

air nutrisi dapat juga menggunakan ukuran  $\frac{1}{4}$  dari pipa yang digunakan. Metode DFT dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 8 Metode DFT

Kelebihan dari metode DFT Hidroponik:

1. DFT membutuhkan listrik 24 Jam
2. Saat listrik padam tanaman masih bisa dalam kondisi aman karena ada genangan nutrisi
3. Pertumbuhan lebih optimal karena unsur hara nutrisi lebih tercukupi
4. Tanaman yang menggunakan sistem DFT memiliki umur panen yang lebih cepat
5. Hasil panen tanaman dapat lebih seragam
6. Perawatan dan pemeliharaan lebih mudah

Kekurangan dari metode DFT Hidroponik:

1. Tanaman dapat kekurangan oksigen terlarut sehingga membuat pertumbuhan tanaman terganggu
2. Resiko busuk akar tanaman karena jumlah air yang terlalu banyak
3. Dapat terjadi endapan pada pipa menyebabkan banyak masalah yang timbul
4. Lebih banyak memerlukan nutrisi
5. Tanaman yang terkena virus, jamur, dan penyakit akan tersebar dengancepat

### **2.2.9 *Internet of Things (IoT)***

IoT (Internet of Thing) dapat didefinisikan kemampuan berbagai device yang bisa saling terhubung dan saling bertukar data melalui jaringan internet. IoT merupakan sebuah teknologi yang memungkinkan adanya sebuah pengendalian, komunikasi, kerjasama dengan berbagai perangkat keras, data melalui jaringan internet. Sehingga bisa dikatakan bahwa Internet of Things (IoT) adalah ketika kita menyambungkan sesuatu (things) yang tidak dioperasikan oleh manusia, ke internet. Namun IOT bukan hanya terkait dengan pengendalia perangkat melalui jarak jauh, tapi juga bagaimana berbagi data, memvirtualisasikan segala hal nyata ke dalam bentuk internet, dan lain-lain. Internet menjadi sebuah penghubung antara sesama mesin secara otomatis. Selain itu juga adanya user yang bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung. Manfaatnya menggunakan teknologi IoT yaitu pekerjaan yang dilakukan oleh manusia menjadi lebih cepat, muda dan efisien.

### **2.2.10 *Smartphone***

Ponsel pintar (Smartphone) adalah telepon gengam yang mempunyai kemampuan dengan penggunaan dan fungsi yang menyerupai komputer dan contoh manfaat smartphone dari sisi software adalah

tersedianya layanan akses data. Layanan ini dapat dimanfaatkan oleh setiap Smartphone untuk memungkinkan penggunaanya terhubung dengan konektivitas internet setiap saat dimanapun mereka berada. Layanan akses data pada Smartphone adalah bermanfaat untuk keperluan browsing, Email, Chating hingga posting. Contoh berikutnya manfaat dari segi banyaknya aplikasi yang tersedia pada sebuah smartphone. Ponsel pintar (Smartphone) adalah perangkat yang tidak hanya sekedar digunakan untuk melakukan sms, menerima dan menjawab panggilan saja, hadirnya pusat aplikasi pada setiap ponsel pintar, maka ponsel cerdas (Smartphone) kini dapat dimanfaatkan sebagai pendukung bisnis, sarana belajar dan sarana hiburan atau game. Smartphone dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 9 Smartphone

### 2.2.11 Logika Fuzzy

Logika Fuzzy pertama kali dikembangkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Teori ini banyak diterapkan di berbagai bidang, antara lain merepresentasikan pikiran manusia kedalam suatu sistem. “Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output”[7]. Banyak alasan mengapa penggunaan

logika fuzzy ini sering dipergunakan antara lain, konsep logika fuzzy yang mirip dengan konsep berpikir manusia. Sistem fuzzy dapat merepresentasikan pengetahuan manusia ke dalam bentuk matematis dengan lebih menyerupai cara berpikir manusia. Pengontrol dengan logika fuzzy mempunyai kelebihan yaitu dapat mengontrol sistem yang kompleks, non-linier, atau sistem yang sulit direpresentasikan kedalam bentuk matematis.

Selain itu, informasi berupa pengetahuan dan pengalaman mempunyai peranan penting dalam mengenali perilaku sistem di dunia nyata. Logika fuzzy juga memiliki himpunan fuzzy yang mana pada dasarnya, teori himpunan fuzzy merupakan perluasan dari teori himpunan klasik. Dimana dengan logika fuzzy, hasil yang keluar tidak akan selalu konstan dengan input yang ada. Cara kerja logika fuzzy secara garis besar terdiri dari input, proses dan output. Logika fuzzy merupakan suatu teori himpunan logika yang dikembangkan untuk mengatasi konsep nilai yang terdapat diantara kebenaran (true) dan 9 kesalahan (false). Dengan menggunakan fuzzy logic nilai yang dihasilkan bukan hanya “ya” (1) atau “tidak” (0) tetapi seluruh kemungkinan diantara 0 dan 1.

### 2.2.12 Fuzzy Sugeno

Fuzzy metode sugeno merupakan metode inferensi fuzzy untuk aturan yang direpresentasikan dalam bentuk IF – THEN, dimana output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear (KUS : 2002). Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Model Sugeno menggunakan fungsi keanggotaan Singleton yaitu fungsi keanggotaan yang memiliki derajat keanggotaan 1 pada suatu nilai crisp tunggal dan 0 pada nilai crisp yang lain. Untuk Orde 0 dengan rumus :

IF (x1 is a1) ° (x2 is A2) °...°(xn is An) THEN z= k,  
 dengan Ai adalah himpunan fuzzy ke i sebagai antaseden (alasan), °  
 adalah operator fuzzy (AND atau OR) dan k merupakan konstanta tegas  
 sebagai konsekuen (kesimpulan). Sedangkan rumus Orde 1 adalah:

IF (x1 is A1)  $\circ$  (x2 is A2)  $\circ$ ... $\circ$ (xn is An) 10 THEN z =  $p_1 \cdot x_1 + \dots + p_n \cdot x_n + q$ ,

dengan  $A_i$  adalah himpunan fuzzy ke  $i$  sebagai antaseden,  $\circ$  adalah operator fuzzy (AND atau OR),  $p_i$  adalah konstanta ke  $i$  dan  $q$  juga merupakan konstanta dalam konsekuen.

### 2.2.13 Fuzzy Tsukamoto

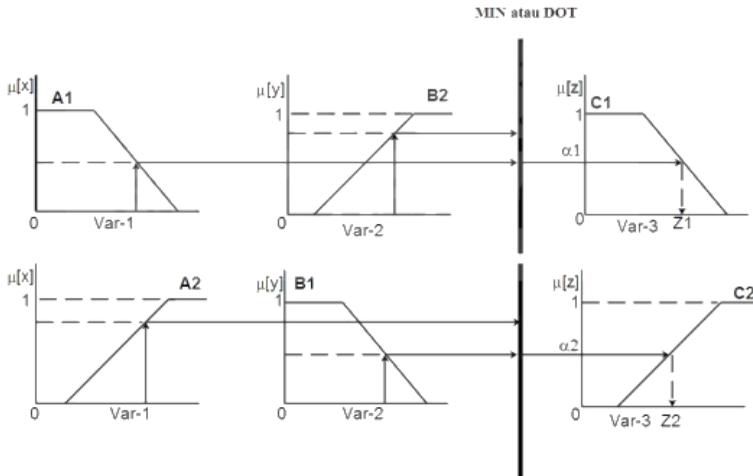
Pada Metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan  $\alpha$ -predikat (fire strength). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot (Weight Average).

Misalkan ada 2 variabel input, Var-1 ( $x$ ) dan Var-2 ( $y$ ) serta 1 variabel output, Var-3 ( $z$ ). Var-1 terbagi atas 2 himpunan yaitu  $A_1$  dan  $A_2$ . Var-2 terbagi atas 2 himpunan  $B_1$  dan  $B_2$ . Var-3 terbagi atas 2 himpunan yaitu  $C_1$  dan  $C_2$  ( $C_1$  dan  $C_2$  HARUS MONOTON). Ada 2 aturan yang digunakan, yaitu

[R1] IF ( $x$  is  $A_1$ ) AND ( $y$  is  $B_2$ ) THEN ( $z$  is  $C_1$ )

[R2] IF ( $x$  is  $A_2$ ) AND ( $y$  is  $B_1$ ) THEN ( $z$  is  $C_2$ )

Alur inferensi untuk mendapatkan satu nilai crisp  $z$  seperti terlihat pada gambar 2.1



Gambar 2. 10 Representasi kurva linear bahu

#### 2.2.14 Fuzzy Mamdani

Metode Fuzzy Mamdani merupakan salah satu bagian dari Fuzzy Inference System yang berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti. Metode Fuzzy Mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode Fuzzy Mamdani dalam prosesnya menggunakan kaedah-kaedah linguistik dan memiliki algoritma fuzzy yang dapat dianalisis secara matematika, sehingga lebih mudah dipahami.

Proses pengambilan keputusan dengan menggunakan Metode Fuzzy Mamdani untuk memperoleh keputusan yang terbaik, dilakukan dengan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan fuzzy; aplikasi fungsi implikasi; komposisi aturan; defuzzifikasi. Kelebihan pada Metode Fuzzy Mamdani adalah lebih spesifik, artinya dalam prosesnya Metode Fuzzy Mamdani lebih memperhatikan kondisi yang akan terjadi untuk setiap daerah fuzzynya, sehingga menghasilkan hasil keputusan yang lebih akurat. Selain itu juga, metode ini lebih cocok apabila input diterima dari manusia, sehingga lebih diterima oleh banyak

pihak. Adapun kelemahan dari Metode Fuzzy Mamdani adalah metode ini hanya dapat digunakan untuk data dalam bentuk kuantitatif saja, tidak dapat dipergunakan untuk data yang berbentuk kualitatif.

Metode Fuzzy Mamdani merupakan metode dalam penarikan kesimpulan yang paling mudah dimengerti oleh manusia, karena paling sesuai dengan naluri manusia. Sehingga dengan menggunakan Metode Fuzzy Mamdani akan menghasilkan keputusan terbaik untuk suatu permasalahan. Dibandingkan dengan metode lain dari Fuzzy Inference System, yaitu Metode Sugeno, metode tersebut tidak melalui proses komposisi aturan dan defuzzifikasi dengan Metode Centroid. Proses tersebut berguna untuk mengetahui nilai output dari pusat daerah fuzzy. Selain itu, Metode Fuzzy Mamdani lebih memperhatikan kondisi setiap daerah fuzzynya, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat. Pada Metode Fuzzy Mamdani output yang dihasilkan berupa suatu nilai pada domain himpunan fuzzy yang dikategorikan ke dalam komponen linguistik, sedangkan pada Metode Sugeno output yang dihasilkan berupa fungsi linear atau konstanta. Kelemahan dari output berupa fungsi linear atau konstanta adalah nilai output yang dihasilkan harus sesuai dengan nilai yang telah ditentukan, hal ini timbul masalah apabila nilai output tidak sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Output ini dapat dikatakan benar apabila dapat menyajikan output yang ditentukan oleh antesenden.

### **2.2.15 Prosedur Metode Fuzzy Mamdani**

Seperti telah dikemukakan pada subbab sebelumnya bahwa proses pengambilan kesimpulan atau keputusan dengan menggunakan Metode Fuzzy Mamdani dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan fuzzy; aplikasi fungsi implikasi; komposisi aturan; defuzzifikasi.

#### **Pembentukan Himpunan Fuzzy**

Tahap pertama dari prosedur Metode Fuzzy Mamdani adalah pembentukan himpunan fuzzy atau dikenal pula dengan istilah fuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan proses yang dilakukan dengan

mengtransformasi input himpunan tegas (crisp) ke dalam himpunan fuzzy. Hal ini dilakukan karena input yang digunakan awalnya adalah dalam bilangan tegas (real) dari suatu himpunan tegas (crisp). Himpunan fuzzy ini didasarkan pada tingkatan linguistiknya yang dikelompokkan dalam suatu variabel fuzzy. Sebagai ilustrasi, untuk variabel fuzzy berat badan mempunyai himpunan fuzzy sebagai berikut: kurus, sedang, dan gemuk.

Pada setiap himpunan fuzzy tersebut ditentukan domain dan fungsi keanggotaan yang berikutnya digunakan untuk menentukan nilai keanggotaan setiap himpunan fuzzy berdasarkan variabel inputnya yang merupakan bilangan real, dimana nilai keanggotaan tersebut terletak pada interval  $[0,1]$ . Pada Metode Fuzzy Mamdani ini fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi keanggotaan trapesium, fungsi keanggotaan segitiga dan fungsi keanggotaan bahu kiri atau kanan. Hal ini dikarenakan pada fungsi keanggotaan trapesium terdapat dua titik dari himpunan fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan satu. Apabila hanya terdapat satu titik dari himpunan fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan satu, maka digunakan fungsi keanggotaan segitiga. Fungsi keanggotaan bahu kiri atau kanan digunakan untuk mengawali dan mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy.

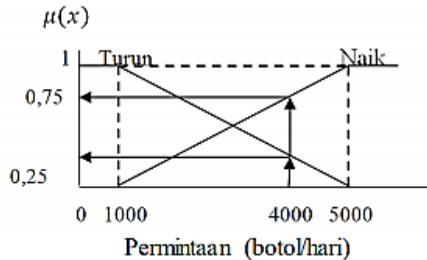
Contoh:

Misalkan, suatu perusahaan akan memproduksi suatu produk minuman A. Berdasarkan data 1 tahun terakhir, permintaan konsumen terbesar mencapai 5000 botol/hari, dan permintaan konsumen terkecil mencapai 1000 botol/hari. Persediaan barang di gudang penyimpanan terbanyak mencapai 600 botol/hari, dan terkecil mencapai 100 botol/hari. Perusahaan hanya mampu memproduksi barang maksimum 7000 botol/hari, dan untuk efisiensi mesin dan SDM, perusahaan harus memproduksi setidaknya 2000 botol/hari. Berapa botol minuman A yang harus diproduksi, apabila jumlah permintaan konsumen adalah 4000 botol, dan persediaan gudang masih 300 botol. Berdasarkan penjelasan ilustrasi kasus tersebut, akan dilakukan penentuan keputusan banyaknya

botol minuman A yang harus diproduksi. Variabel fuzzy yang digunakan adalah permintaan, persediaan dan produksi.

- Variabel Fuzzy permintaan

Pada ilustrasi kasus ini variabel fuzzy permintaan terdiri atas 2 (dua) himpunan fuzzy, yaitu naik dan turun seperti yang tergambar pada Gambar (2.5).



Gambar 2. 11 Fungsi Keanggotaan Variabel Permintaan

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{pmtTurun}(x) = \begin{cases} 1 & ; x \leq 1000 \\ \frac{5000 - x}{4000} & ; 1000 \leq x \leq 5000 \\ 0 & ; x \geq 5000 \end{cases}$$

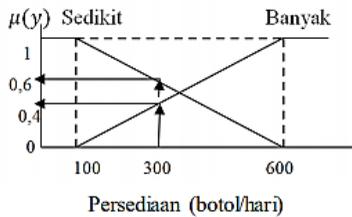
$$\mu_{pmtNaik}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 1000 \\ \frac{x - 1000}{4000} & ; 1000 \leq x \leq 5000 \\ 1 & ; x \geq 5000 \end{cases}$$

Diketahui bahwa jumlah permintaan konsumen adalah 4000 botol, maka diperoleh nilai keanggotannya adalah:

$$\mu_{pmtTurun}(4000) = \frac{5000 - 4000}{4000} = 0,25$$

$$\mu_{pmtNaik}(4000) = \frac{4000 - 1000}{4000} = 0,75$$

- Variabel Fuzzy Persediaan  
Variabel fuzzy persediaan terdiri atas 2 (dua) himpunan fuzzy, yaitu sedikit dan banyak seperti yang tergambaran pada Gambar (2.6).



Gambar 2. 12 Fungsi Keanggotaan Variabel Persediaan

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{psdSedikit}(y) = \begin{cases} 1 & ; y \leq 100 \\ \frac{600-y}{500} & ; 100 \leq y \leq 600 \\ 0 & ; y \geq 600 \end{cases}$$

$$\mu_{psdBanyak}(y) = \begin{cases} 0 & ; y \leq 100 \\ \frac{y-100}{4000} & ; 100 \leq y \leq 600 \\ 1 & ; y \geq 600 \end{cases}$$

Diketahui bahwa jumlah persediaan di gudang adalah 300 botol, maka diperoleh nilai keanggotannya adalah:

$$\mu_{psdSedikit}(300) = \frac{600 - 300}{500} = 0,6$$

$$\mu_{psdBanyak}(300) = \frac{300 - 100}{500} = 0,4$$

### **Aplikasi Fungsi Implikasi**

Tahap kedua dari prosedur Metode Fuzzy Mamdani adalah penerapan fungsi implikasi. Fungsi implikasi merupakan struktur logika yang terdiri atas kumpulan premis dan satu konklusi. Fungsi implikasi berguna untuk mengetahui hubungan antara premis-premis dan konklusinya. Bentuk dari fungsi implikasi ini adalah dengan pernyataan IF is THEN is , dengan dan adalah skalar, serta A dan adalah himpunan fuzzy. Dalam istilah logika fuzzy, proposisi yang mengikuti IF disebut dengan antisenden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut dengan konsekuen. Proposisi atau aturan fuzzy ini dapat diperluas dengan menggunakan penghubung fuzzy AND (interseksi).

Proses selanjutnya akan menentukan aplikasi fungsi implikasinya, terdapat 4 aturan fungsi implikasi pada Metode Fuzzy Mamdani, yaitu:

[R1] IF Permintaan Turun AND Persediaan Banyak THEN Produksi Barang Berkurang.

[R2] IF Permintaan Turun AND Persediaan Sedikit THEN Produksi Barang Berkurang.

[R3] IF Permintaan Naik AND Persediaan Banyak THEN Produksi Barang Bertambah.

[R4] IF Permintaan Naik AND Persediaan Sedikit THEN Produksi Barang Bertambah.

### **Defuzzifikasi**

Tahap terakhir dari prosedur Metode Fuzzy Mamdani adalah proses defuzzifikasi. Proses defuzzifikasi dipergunakan untuk menafsirkan nilai keanggotaan fuzzy menjadi keputusan tertentu atau bilangan real. Hal ini berarti mengembalikan nilai besaran fuzzy menjadi nilai crisp (bilangan real), dan mengubah fuzzy output menjadi nilai crisp berdasarkan fungsi

keanggotaan yang telah ditentukan. Proses defuzzifikasi ini perlu dilakukan, karena keputusan fuzzy atau output adalah tetap variabel linguistik dan variabel linguistik ini membutuhkan untuk dikonversi ke dalam variabel crisp. Input dari langkah defuzzifikasi adalah himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan fuzzy, sedangkan output, suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Oleh karena itu, apabila diketahui suatu himpunan fuzzy dalam suatu range tertentu, maka harus dapat diperoleh suatu nilai crisp (bilangan real) tertentu sebagai output atau hasil keputusannya. Metode yang dipergunakan dalam proses defuzzifikasi ini adalah defuzzifikasi dengan Metode Centroid (titik pusat). Metode ini memperhatikan kondisi setiap daerah fuzzynya, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat. Metode centroid yaitu suatu metode dimana semua daerah fuzzy dari hasil komposisi aturan digabungkan dengan tujuan untuk membentuk hasil yang optimal dan mengambil titik pusat daerah fuzzy. Prosedur defuzzifikasi dengan menggunakan Metode Centroid, yaitu menentukan moment (integral dari masing-masing fungsi keanggotaan dari komposisi aturan), menentukan luas, dan menentukan titik pusat.