

## **BAB 2**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Berbagai penelitian mengenai bahaya hipertensi pada remaja, orang dewasa, dan lansia telah dilakukan oleh sejumlah peneliti [7] secara observasional dengan pendekatan *cross sectional* yang bertujuan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat bahwa hipertensi dapat terjadi sejak remaja dan prevalensinya telah meningkat selama beberapa dekade terakhir. Dari hasil penelitian, terdapat 73 responden laki-laki (49,7%) dan 74 responden perempuan (50,3%). Sebagian besar responden (77,6%) memiliki tingkat pengetahuan sedang tentang hipertensi. Hasil pengukuran tekanan darah menunjukkan bahwa 9 orang (6,1%) berada dalam kategori hipertensi tahap 2, 18 orang (12,2%) dalam kategori hipertensi tahap 1, 22 orang (15,0%) dalam kategori pra-hipertensi, dan 98 orang (66,7%) memiliki tekanan darah normal. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa sepertiga responden telah mengalami hipertensi.

Penelitian untuk monitoring dan mendeteksi tekanan darah otomatis menggunakan arduino telah dilakukan oleh beberapa peneliti [8]. Pada penelitian tersebut membuat detector tekanan darah otomatis untuk mengukur tekanan darah secara otomatis dengan menggunakan metode osilometri pengukuran dapat dilakukan secara otomatis, dengan bantuan sensor tekanan piezoresistif yang dihubungkan dengan arduino mega 2560. sehingga data pengukuran berupa nama, umur, dan tekanan darah dapat disimpan pada SD card yang dapat dibaca lagi jika diperlukan. Pada penelitian ini dilakukan perbedaan nilai sistolik atau diastolik pembacaan tekanan darah dengan alat analog dibandingkan dengan alat pembacaan tekanan darah otomatis dan diperoleh rata-rata perbedaan sebesar 3,265 mmHg untuk nilai sistolik dan 6,165 mmHg untuk diastolik. Kemudian perbedaan tersebut digunakan dalam proses kalibrasi agar hasil alat pembacaan tekanan darah otomatis menjadi lebih baik. Hasil pembacaan kalibrasi alat mempunyai ketelitian 99,47% - 99,82%.

Pada monitoring tekanan darah dengan mikrokontroler arduino menggunakan sensor MPX5050DP pada penelitian ini [9] Merancang alat tekanan

darah otomatis untuk pasien hipertensi diharapkan dapat memfasilitasi pemantauan berkala dan membantu dokter dalam membuat diagnosis yang akurat. Alat ini menggunakan Arduino dengan metode pendeteksian bunyi Korotkoff untuk mengukur tekanan sistolik dan diastolik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase kesalahan pengukuran diastolik lebih besar dibandingkan dengan sistolik, dengan rincian persentase kesalahan sebesar 3,45% untuk tekanan sistolik dan 7,17% untuk tekanan diastolik. Penelitian pengukuran tekanan darah yang dilakukan oleh [10] berbasis mikrokontroler arduino dan sensor tekanan MPX5050DP dengan menggunakan modul Bluetooth untuk arduino serta LCD 16x4 digunakan sebagai tampilan tambahan untuk menunjukkan hasil pengukuran. Metode yang diterapkan mengadopsi model pengembangan waterfall dari siklus hidup pengembangan perangkat lunak (SDLC) yang umum digunakan dalam pengembangan perangkat. Sensor MPX5050DP dapat dikalibrasi untuk mengukur tekanan darah dan mengonversi hasil pengukurannya ke dalam bentuk digital yang dapat ditampilkan pada perangkat lunak mobile berbasis Android. Namun kekurangannya dalam penggunaan mikrokontroler yang digunakan peneliti tersebut masih kurang efisien dan praktis.

Pada penelitian ini, alat pemantauan tekanan darah yang menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) dirancang dan dibangun membuat sistem monitoring menggunakan sensor MPX5700AP dan mikrokontroler arduino serta node MCU untuk mengirimkan melalui website ThingSpeak [11]. Dengan menggunakan metode riset dan pengembangan Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation (ADDIE), analisis kebutuhan perangkat keras dan lunak digunakan dalam perancangan alat. Hasil pengujian prototipe dari 10 sampel menunjukkan rata-rata persentase kesalahan sistole sebesar 2,47% dan diastole sebesar 3,385%. Pengujian waktu pengiriman ke website pada waktu yang berbeda menghasilkan rata-rata waktu pengiriman sebesar 1,9 detik, pengujian keseluruhan sistem telah bekerja sesuai yang diharapkan dan dapat dimonitoring melalui website ThingSpeak maupun aplikasi virtuino pada smartphone android menggunakan jaringan internet. Penerapan Internet of Things (IoT) sudah banyak digunakan pada alat deteksi dan monitoring tekanan darah yang dilakukan oleh beberapa peneliti [12]. Pada penelitian ini menggunakan modul nodeMCU ESP8266 sebagai

mikrokontroler dengan menggabungkan alat tensimeter digital yang sudah ada dengan Internet of Things, nilai tekanan darah yang diukur dapat dimonitor melalui smartphone, dan seluruh riwayat hasil pengukuran tekanan darah dapat dilihat secara berkala. Dari hasil pengujian alat tensimeter yang dirancang dan alat tensimeter pembanding, terdapat perbedaan akurasi sebesar 1%.

Penggunaan teknologi komputasi awan untuk menyimpan data rekam medis dalam layanan kesehatan, penelitian yang dilakukan oleh [13] Karena kebanyakan sistem pelayanan kesehatan masih menggunakan pencatatan data rekam medis secara manual, diperlukan sistem yang dapat membantu proses tersebut untuk meningkatkan kecepatan dan ketepatan diagnosa oleh tenaga kesehatan. Selain itu, penggunaan komputasi awan untuk mendigitalisasi proses pencatatan data rekam medis memiliki berbagai model penerapan, termasuk model SaaS di mana sebuah aplikasi dapat digunakan secara bersamaan. Hal ini memberikan keuntungan dengan mengurangi biaya operasional terkait pengelolaan perangkat, dan memungkinkan penyesuaian infrastruktur sesuai kebutuhan. Penerapan sistem pencatatan data rekam medis berbasis komputasi awan SaaS memberikan beberapa manfaat, seperti mengurangi biaya operasional pengelolaan perangkat, dan menyimpan seluruh data rekam medis pasien di satu data center. Hal ini dapat mempermudah proses diagnosa penyakit karena data rekam medis dapat terintegrasi antara satu layanan kesehatan dengan layanan kesehatan lainnya. Secara umum, terdapat tiga jenis layanan cloud computing: Infrastructure as a Service (IaaS) yang menyediakan infrastruktur hingga level sistem operasi, Platform as a Service (PaaS) yang menawarkan platform lengkap termasuk sistem operasi, web server, dan database server sehingga pengguna tidak perlu mengurus instalasinya, serta Software as a Service (SaaS) yang menyediakan aplikasi siap pakai seperti aplikasi perkantoran, email, dan penyimpanan data, yang sering kali disebut sebagai private cloud [14].

Implementasi MQTT protocol telah dilakukan oleh beberapa peneliti, pada smart home berbasis web dengan mengimplementasikan protocol MQTT yang dilakukan oleh [15]. Penggunaan Internet of Things (IoT) sedang mengalami pertumbuhan pesat karena kemajuan teknologi informasi yang terus berkembang. Dampaknya adalah melibatkan banyak perangkat yang terhubung dengan sensor

yang dipasang di sekitar lingkungan tersebut. Kehadiran beragam perangkat ini menimbulkan tantangan interoperabilitas antara perangkat-perangkat tersebut. Untuk menangani hal ini, diperlukan sebuah gateway atau protokol yang mampu memfasilitasi interoperabilitas di antara perangkat-perangkat tersebut. Salah satu fungsi utama gateway atau protokol ini adalah menangani masalah interoperabilitas, mengelola permintaan, dan profil perangkat dari setiap sensor atau perangkat yang terhubung. MQTT adalah sebuah protokol konektivitas machine-to-machine (M2M) yang dirancang untuk mentransmisikan data secara efisien menggunakan arsitektur TCP/IP. MQTT memiliki keunggulan dalam pengiriman data dengan penggunaan bandwidth yang minim, konsumsi daya yang rendah, serta ketersediaan dan konektivitas yang sangat tinggi. Paper ini fokus membahas penerapan protokol MQTT dalam keamanan rumah pintar berbasis web. Penggunaan protokol MQTT dalam keamanan rumah pintar memungkinkan pengiriman data yang efisien sehingga tidak membebani bandwidth gateway IoT.

Perbandingan metode logika fuzzy untuk diagnosis penyakit, seperti penyakit diabetes, yang diteliti oleh [16]. Fuzzy Logic menyediakan beberapa metode untuk memprediksi gejala diabetes mellitus dengan membandingkan tiga pendekatan deteksi dini diabetes, yakni Metode Fuzzy Mamdani, Metode Fuzzy Sugeno, dan Metode Fuzzy Tsukamoto. Penelitian menggunakan metode fuzzy bertujuan untuk mengevaluasi akurasi dalam mendeteksi penyakit diabetes. Hasil analisis menunjukkan bahwa Metode Fuzzy Sugeno mencatat tingkat akurasi mencapai 97,33%, dengan tingkat kesalahan kurang dari 3%, mengungguli kedua metode lainnya dalam uji coba ini.

Jumlah orang yang menderita hipertensi terus bertambah setiap tahun, dipengaruhi oleh gaya hidup yang kurang sehat dan tingkat stres yang tinggi, serta faktor lainnya. Penderita hipertensi seringkali tidak menyadari dampak serius yang dapat ditimbulkan oleh kondisi tersebut. Diagnosis medis hipertensi ditegakkan ketika tekanan darah melebihi batas 140/90 mmHg. Penelitian ini [17] fokus pada pengembangan sistem untuk memastikan diagnosis hipertensi dengan menggunakan metode logika fuzzy Sugeno. Sistem yang dikembangkan ini menggunakan beberapa parameter, seperti usia, indeks massa tubuh, tekanan darah (sistol dan diastol), riwayat keluarga, serta diabetes melitus. Dalam uji coba yang

dilakukan menggunakan logika fuzzy, dari 60 pasien yang tidak memiliki hipertensi (normal), 3 orang teridentifikasi sebagai non-hipertensi, ada 17 orang dalam kondisi pra-hipertensi, 25 orang mengalami hipertensi derajat 1, dan 15 orang mengalami hipertensi derajat 2. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi rata-rata sebesar 99,999989% untuk pasien non-hipertensi, 99,999985% untuk pasien pra-hipertensi, 100% untuk pasien dengan hipertensi derajat 1, dan 99,999946% untuk pasien dengan hipertensi derajat 2. Tingkat kesalahan rata-rata sebesar 0,00333% untuk pasien non-hipertensi, 0,00471% untuk pasien pra-hipertensi, 0% untuk pasien dengan hipertensi derajat 1, dan 0,00733% untuk pasien dengan hipertensi derajat 2. Dari aplikasi yang dikembangkan ini, dapat disimpulkan bahwa sistem mampu memberikan informasi yang sangat jelas dan akurat mengenai kondisi penyakit hipertensi.

## **2.2 DASAR TEORI**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan dan diagnosis tekanan darah pada penyakit hipertensi. Berikut beberapa teori yang dapat mendukung proses perancangan dalam kegiatan penelitian tersebut.

### **2.2.1 Hipertensi**

Hipertensi yang merupakan gangguan tekanan darah tinggi sangat umum terjadi. Kondisi ini merupakan faktor risiko utama untuk penyakit kardiovaskular dan merupakan salah satu beban kesehatan global yang signifikan, karena penyakit kardiovaskular merupakan penyebab kematian tertinggi di dunia, termasuk di Indonesia. [2]. Hipertensi yang dikenal sebagai "the silent killer", adalah salah satu penyakit tidak menular yang menjadi masalah kesehatan serius hingga saat ini. Kondisi hipertensi ditandai dengan tekanan darah sistolik yang melebihi 140 mmHg dan tekanan darah diastolik yang lebih dari 90 mmHg, diukur dua kali dengan selang waktu lima menit dalam keadaan cukup istirahat atau tenang. Hipertensi dapat menyebabkan berbagai penyakit serius seperti penyakit jantung koroner, gagal jantung, stroke, penyakit ginjal kronis, kerusakan retina, dan penyakit vaskular perifer. Hipertensi dibagi menjadi dua jenis, yaitu hipertensi primer (esensial), yang penyebabnya tidak diketahui dan mencakup sekitar 90% dari kasus hipertensi, serta hipertensi sekunder [4].

### 2.2.2 Tensimeter

Tensimeter adalah perangkat yang dirancang untuk mengukur tekanan darah. Alat ini pertama kali dikembangkan oleh Samuel Siegfried Karl Ritter von Basch pada tahun 1881, kemudian mengalami pengembangan lebih lanjut oleh Scipione Riva-Rocci pada tahun 1896, dan Harvey Cushing pada tahun 1901. Tensimeter terdiri dari dua versi, yaitu digital (a) dan analog (b). Pada versi digital, tekanan darah seseorang ditampilkan pada layar, sementara versi analog menggunakan jarum untuk menunjukkan tekanan darah.



**Gambar 2.1 Tensimeter Digital dan Analog [18]**

Digital Pressure Meter (DPM) adalah perangkat yang dirancang untuk mengukur tekanan cairan atau gas dari alat medis, guna membantu kalibrasi alat medis seperti Tensimeter atau Sphygmomanometer.

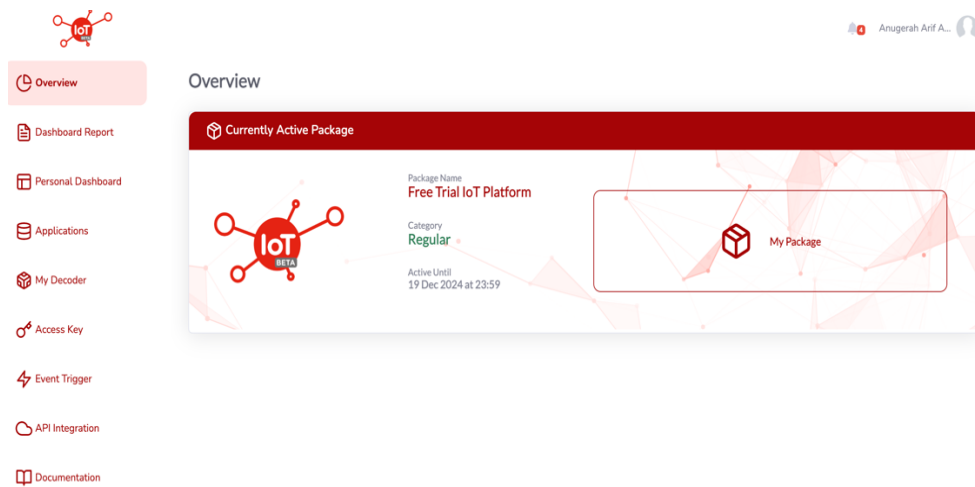
Non-Invasive Blood Pressure (NIBP) Simulator adalah perangkat yang digunakan untuk menguji dan menganalisis alat NIBP dengan mensimulasikan tekanan darah untuk mengevaluasi fungsi dan kinerja pada pasien neonatal maupun dewasa, sehingga pengukuran tekanan darah menggunakan tensimeter harus akurat dan sesuai standar pengukuran yang dapat dilacak melalui kalibrasi, di mana tensimeter aneroid dikalibrasi menggunakan Digital Pressure Meter (DPM) dan tensimeter digital menggunakan NIBP Simulator, dengan kalibrasi dilakukan dalam lingkungan yang diatur pada suhu 20°C dan kelembaban 60-70% untuk stabilitas alat, dan pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali [18].

### 2.2.3 Internet of Things

Internet of Things adalah teknologi yang memfasilitasi komunikasi dari berbagai perangkat dengan memanfaatkan internet, memungkinkan perangkat-perangkat ini untuk berkomunikasi dan bertukar data satu sama lain. IoT mencakup berbagai macam objek yang dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi lainnya, yang memungkinkan konektivitas dan interaksi dengan sistem

lain melalui jaringan internet. IoT juga memainkan peran penting dalam sektor kesehatan dengan memungkinkan pemantauan kesehatan pasien secara real-time melalui perangkat medis yang terhubung. Data yang dikumpulkan dapat dianalisis untuk memberikan peringatan dini tentang kondisi kesehatan yang memerlukan perhatian segera.

Penelitian ini memanfaatkan platform IoT milik Telkom Indonesia yang menyediakan layanan Internet of Things (IoT) untuk menghubungkan berbagai perangkat, serta mengumpulkan dan menganalisis data sesuai kebutuhan bisnis. IoT adalah teknologi yang memungkinkan perangkat berkomunikasi dan bertukar data melalui koneksi internet, mulai dari mengendalikan perangkat rumah hingga digitalisasi dan otomatisasi mesin. Keunggulan IoT bagi bisnis adalah peningkatan efisiensi dan efektivitas melalui implementasi yang tepat, memungkinkan perangkat terhubung dengan aman, serta pengelolaan, penyimpanan, dan analisis data secara menyeluruh, yang semuanya dapat dilakukan melalui layanan Internet of Things yang komprehensif dari Telkom Indonesia [19].



**Gambar 2.2 Platform Internet of Things (IoT)[19]**

#### 2.2.4 MQTT

MQTT adalah protokol pesan standar OASIS untuk Internet of Things (IoT) yang dirancang sebagai sistem pengiriman pesan publikasi/berlangganan yang sangat ringan, ideal untuk menghubungkan perangkat jarak jauh dengan jejak kode kecil dan penggunaan bandwidth jaringan minimal. Saat ini, MQTT digunakan di berbagai sektor industri seperti otomotif, manufaktur, telekomunikasi, minyak dan

gas, serta sektor lainnya. Protokol MQTT adalah salah satu cara untuk berkomunikasi antara perangkat dan layanan pada Internet of Things (IoT). Protokol ini berjalan di atas TCP/IP dan dikembangkan untuk mesin ke mesin yang tidak memiliki alamat khusus. Dengan konsep publikasi/langganan, MQTT dirancang untuk perangkat dengan bandwidth rendah atau jaringan yang tidak stabil, sehingga cocok untuk implementasi pada perangkat dengan daya terbatas seperti IoT. MQTT memungkinkan pengiriman perintah untuk mengendalikan keluaran atau output, serta membaca data dari sensor dan mempublikasikannya sesuai dengan topik yang diminta. [20].



**Gambar 2.3 MQTT[20]**

### **2.2.5 Fuzzy logic**

Logika fuzzy adalah metode pengambilan keputusan yang memungkinkan penggunaan nilai-nilai yang tidak pasti atau ambigu. Metode ini tidak hanya memungkinkan keputusan diambil berdasarkan nilai benar atau salah, tetapi juga mengungkapkannya pada tingkat kebenaran tertentu. Pendekatan logika fuzzy melibatkan himpunan fuzzy yang terdiri dari nilai-nilai linguistik untuk menggambarkan suatu variabel. Himpunan fuzzy tersebut kemudian digunakan untuk membentuk aturan fuzzy yang menghubungkan variabel masukan dan variabel keluaran. Sistem inferensi fuzzy merupakan komponen utama dalam struktur dasar sistem operasi logika fuzzy, meliputi fuzzifikasi, rule base, inferensi dan defuzzifikasi.

#### **1. Fuzzyfikasi**

Fuzzyfikasi, atau deblurring, adalah tahap pemberian nilai pada himpunan fuzzy, dan menentukan sejauh mana nilai tersebut merupakan bagian dari himpunan fuzzy. Penentuan himpunan fuzzy dan fungsi keanggotaan yang digunakan untuk setiap variabel fuzzy bergantung pada data pengelompokan yang ada.



## 2. Pembentukan *Rules*

*Rules* merupakan pernyataan kualitatif yang dirumuskan dalam format IF-THEN agar mudah dipahami. Dalam Sistem Inferensi Fuzzy (FIS) untuk mengelola bandwidth Internet, aturan ini bergantung pada jumlah entri yang tersedia dan himpunan fuzzy. Pembentukan aturan dilakukan melalui proses pengujian manual yang memperhitungkan probabilitas yang timbul dari kombinasi variabel.

## 3. Inferensi

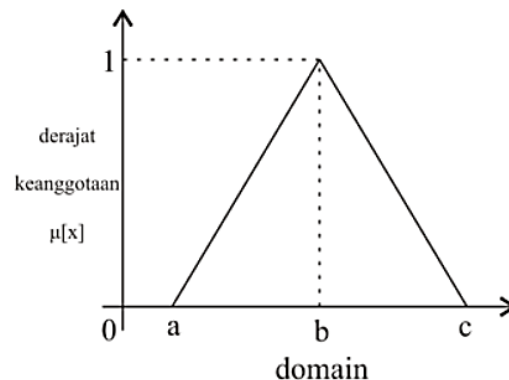
Keputusan inferensi dipilih menggunakan fungsi MIN (nilai terendah) dari aturan yang dihasilkan.

## 4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi dilakukan menggunakan teknik rata-rata tertimbang. Fungsi keanggotaan adalah kurva yang memplot titik data masukan ke dalam nilai keanggotaannya, yang biasanya berkisar antara 0 dan 1. Ada berbagai jenis fungsi yang bisa digunakan untuk mencapai tujuan ini.

### 1. Representasi Kurva Segitiga

Seperti terlihat pada gambar berikut, kurva segitiga sebenarnya merupakan gabungan dua garis (linier).



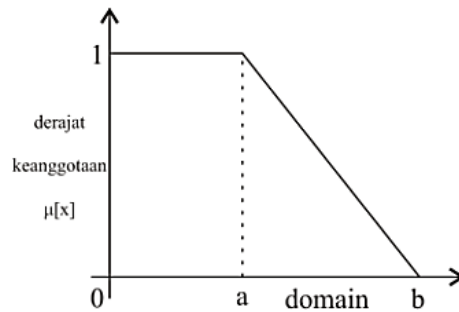
**Gambar 2.4 Kurva Segitiga [21]**

Fungsi keanggotan :

$$\mu|x| = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases}$$

## 2. Representasi Kurva Bentuk Bahu

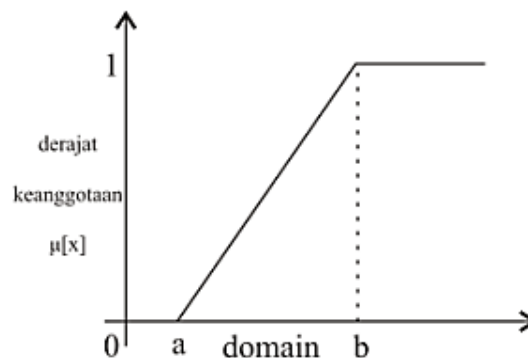
Bahu kiri dan kanan terdiri dari kurva bahu. Gambar di bawah menunjukkan perhitungan dan fungsi keanggotaan untuk masing-masing kurva.



**Gambar 2.5 Kurva Bahu kiri [21]**

Fungsi keanggotaan :

$$\mu|x| = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$



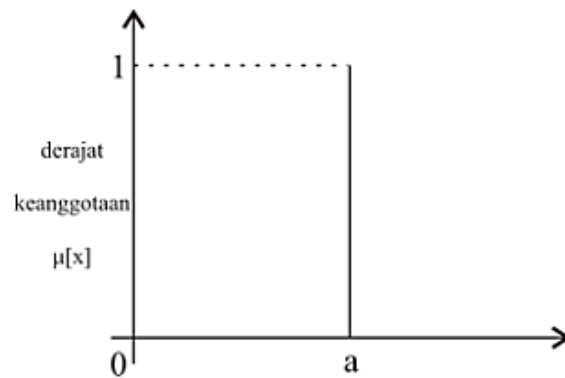
**Gambar 2.6 Kurva Bahu Kanan [21]**

Fungsi keanggotaan :

$$\mu|x| = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

## 3. Representasi Kurva Singleton

Himpunan fuzzy dengan satu titik (= a) dalam semesta bicara disebut singleton. Gambar berikut menunjukkan fungsi keanggotaan.



**Gambar 2.7 Kurva Singleton [21]**

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & \text{untuk } x = a \\ 0, & \text{untuk } x \neq a \end{cases}$$

Logika fuzzy terdiri dari tiga unsur utama yaitu fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Pada tahap fuzzifikasi, nilai akhir (crisp) masukan diubah menjadi bentuk fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan. Evaluasi aturan atau inferensi merupakan suatu langkah untuk menalar nilai masukan fuzzy dengan menggunakan basis aturan yang telah ditentukan, sehingga menghasilkan keluaran fuzzy. Penilaian aturan diperoleh melalui nilai fungsi keanggotaan dan melibatkan perhitungan matematis. Defuzzifikasi merupakan suatu proses untuk mengubah kembali nilai keluaran fuzzy menjadi bentuk akhir (tajam) [21].

### 2.2.6 Cloud computing

Cloud computing adalah bentuk manajemen data IoT yang paling banyak digunakan. Seiring dengan cloud computing, fog dan edge computing telah banyak digunakan untuk meningkatkan kecepatan dan efisiensi pemrosesan data dan mendekatkan kecerdasan ke perangkat IoT yang membuat data (sensor) dan bertindak berdasarkan data tersebut (aktuator).

Cloud computing menjadi standar penyimpanan data IoT saat ini. Ini adalah bentuk komputasi di mana data disimpan di beberapa server dan dapat diakses secara online dari perangkat apa pun. Daripada menyimpan informasi ke server atau perangkat lokal, pengguna menyimpannya di server online pihak ketiga yang

ditempatkan di pusat data jarak jauh. Untuk mengakses data, pengguna perlu memasukkan akun yang terkait dengan layanan cloud. Data tersebut mengalami enkripsi ujung ke ujung, sehingga penyedia layanan pun tidak memiliki akses ke aset data pengguna. Untuk Internet of Things, ini berarti menyimpan dan mengelola sejumlah besar data yang dihasilkan oleh ekosistem IoT dengan aman dan memiliki akses cepat ke data tersebut dari berbagai perangkat, kapan saja, di mana saja [22].

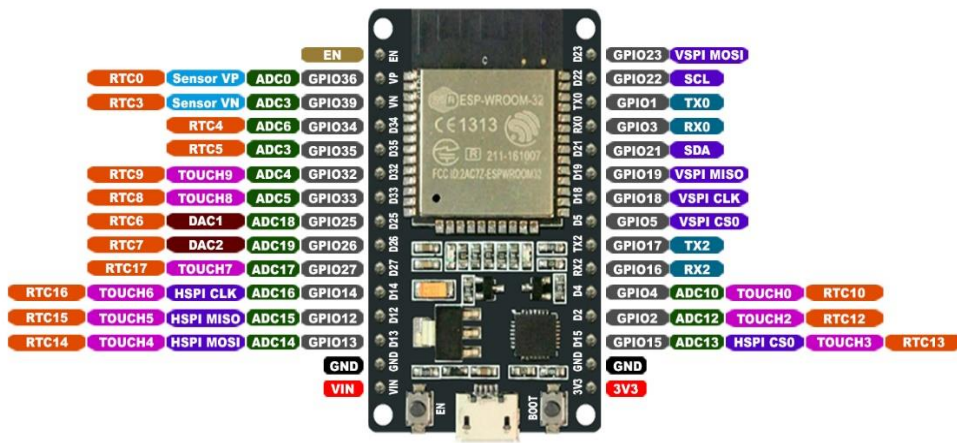


**Gambar 2.8 Cloud Computing[22]**

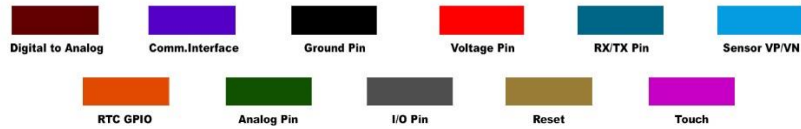
### 2.2.7 Mikrokontroler ESP 32

ESP32 adalah mikrokontroler canggih yang dikenalkan oleh Espressif Systems sebagai penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini sangat cocok untuk berbagai proyek Internet of Things (IoT) karena memiliki keunggulan yang signifikan dibandingkan pendahulunya. Salah satu keunggulan utama ESP32 adalah integrasi Wi-Fi dan Bluetooth dalam satu papan yang sama, yang menjadikannya lebih praktis dan efisien dari segi arsitektur. Dengan kombinasi kedua teknologi ini, pengguna dapat mengembangkan aplikasi yang lebih kompleks dan terhubung dengan berbagai perangkat secara nirkabel. Selain itu, ESP32 dilengkapi dengan sejumlah General-Purpose Input/Output (GPIO) yang dapat digunakan untuk berbagai aksi input dan output, memungkinkan fleksibilitas dalam menghubungkan berbagai sensor dan aktuator. Dengan kemampuan ini, ESP32 tidak hanya mendukung komunikasi yang handal tetapi juga memungkinkan kontrol dan pengolahan data yang lebih efisien, menjadikannya pilihan ideal untuk inovasi dalam bidang IoT.

Gambar berikut ini menunjukkan tampilan dan keterangan masing-masing GPIO yang ada pada mikrokontroler ESP32 [23].



**KETERANGAN**



**Gambar 2. 9 Tampilan NodeMCU32 [23]**

ESP32 memiliki 48 pin multifungsi, masing-masing digunakan tergantung pada fungsinya. Salah satu keuntungan ESP32 adalah memiliki banyak pin yang dapat digunakan sebagai analog atau digital tergantung pada konfigurasi.

**Tabel 2. 1 Spesifikasi NodeMCU32 [23]**

No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Board Type</i>	DOIT ESP32 V.1
2	CPU	Tensilica Xtensa LX6 32 bit microprocessor
3	<i>Module</i>	ESP-WROOM-32
4	<i>Voltage</i>	2. 7 – 5 Volt DC
5	GPIO	30 ports
6	Ukuran <i>board</i>	52 x 28 .5 mm
7	ROM	448 KiB
8	SRAM	520 KiB
9	<i>Wi-Fi</i>	2.4 GHz
10	<i>Bluetooth</i>	<i>Bluetooth</i> 4.2 dan BLE

### 2.2.8 LCD I2C

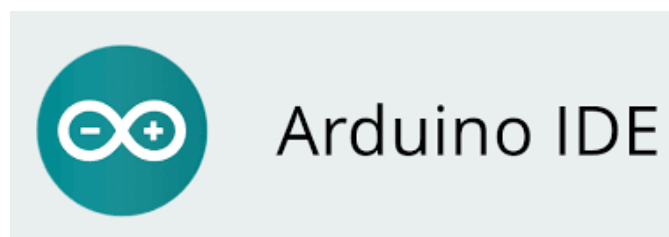
LCD I2C memiliki berbagai fungsi, seperti menampilkan hasil sensor, teks, dan menu pada aplikasi mikrokontroler. Proyek ini menggunakan LCD I2C 16x2, yang berarti memiliki 16 pin dengan tampilan 2 baris dan 16 kolom. Jenis LCD ini memiliki jumlah pin yang lebih sedikit dibandingkan dengan jenis LCD lainnya. LCD I2C menggunakan empat pin utama: GND, VCC, SCL, dan SDA. Desain layar LCD I2C dapat disesuaikan untuk keperluan tertentu [24].



**Gambar 2. 10 LCD I2C [24]**

### 2.2.9 Arduino IDE

IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan pengembangan perangkat lunak. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman internal yang serupa dengan C. Proses pengembangan Arduino IDE melibatkan bahasa pemrograman Java dan dilengkapi dengan pustaka C/C++ yang dikenal sebagai wiring, yang membantu dalam pengaturan input dan output. Sebenarnya, Arduino IDE adalah pengembangan perangkat lunak pengolah yang telah dimodifikasi menjadi IDE yang dirancang khusus untuk pemrograman Arduino [25].



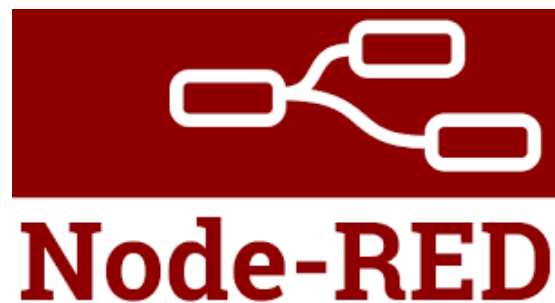
**Gambar 2. 11 Arduino IDE [25]**

### 2.2.10 Node-RED

Node-RED adalah alat bantu pemrograman yang dapat menghubungkan perangkat keras, API, dan layanan online dengan cara yang sangat mudah. Node-RED menggunakan Bahasa pemrograman visual, dimana program dibuat sebagai

flow dari node-node yang saling berhubungan. Node-RED terdiri dari runtime berbasis Node.js yang dapat diakses melalui editor berbasis browser. Node-RED menyediakan berbagai macam node yang dapat digunakan untuk membuat flow, dan dapat dengan mudah diperluas dengan menginstal node baru yang dibuat oleh komunitas. Flow yang dibuat dalam Node-RED disimpan dalam bentuk JSON, yang dapat dengan mudah diimpor dan diekspor untuk dibagikan dengan orang lain.

Node-RED dapat digunakan untuk berbagai macam jenis aplikasi, termasuk Internet of Things (IoT). Node-RED memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dari berbagai node sensor, termasuk sensor yang terintegrasi dengan mikrokontroler dan modul komunikasi jaringan Wi-Fi atau Ethernet [26].



**Gambar 2. 12 Node-RED [26]**