



**TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Terhadap Penelitian Terkait

Berikut beberapa penelitian terkait yang menjadi referensi pada penelitian ini:

1. (Setianing Budi, 2020) dalam penelitiannya yang berjudul “Monitoring Denyut Jantung Menggunakan NodeMCU ESP8266 Secara Realtime Berbasis Internet”.

Dengan berkembangnya teknologi dalam kehidupan sehari-hari sudah sangat dirasakan oleh setiap orang. Perkembangan dalam bidang elektronika terjadi setiap waktu, mulai dari hal yang sangat bersifat sederhana. Bahkan perkembangan teknologi elektronika sudah dapat dikembangkan dalam bidang medis terutama dalam melakukan pengukuran. Antara lain bisa sebagai alat kontrol kesehatan, alat bantu penyembuhan dan lain-lain. Untuk tahap awal pemeriksaan medis, biasanya dilakukan medical check-up sebelum penyakit seseorang didiagnosa. Dari hasil medical check-up akan diketahui apakah seseorang dalam kondisi sehat atau tidak.

Jantung merupakan salah satu organ yang penting yang dimiliki oleh manusia yang berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh dan menampungnya kembali setelah dibersihkan organ paru-paru. Sejak tahun 1996 penyakit jantung adalah penyebab kematian nomor satu di Indonesia. Peningkatan jumlah kematian akibat penyakit jantung disebabkan langkahnya ahli jantung di Indonesia, sedikitnya alat pendeteksi penyakit jantung, tidak rutinnnya pengecekan kesehatan jantung secara berkala serta buruknya gaya hidup penderita penyakit jantung. Dari kondisi tersebut timbullah gagasan untuk merancang dengan membuat suatu alat yang dapat digunakan dengan mudah untuk mengukur atau memantau denyut

jantung dengan bantuan sensor. Hasil dari pengukuran pulsesensor akan dikontrol melalui sebuah mikrokontroller NodeMCU ESP8266. Lalu akan ditampilkan di layar LCD.

2. (Irman Fiano & Purnomo, 2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Sistem Pakar Untuk Mendeteksi Tingkat Resiko Penyakit Jantung Dengan Fuzzy Inferensi (Mamdani).

Jantung adalah salah satu organ tubuh yang sangat penting dan sangat vital perannya bagi kehidupan manusia. Fungsi utama jantung adalah untuk memompa darah ke paru-paru yang akan jenuh dengan oksigen (O^2), Kemudian memompa keluar ke dalam tubuh untuk memasok sel dengan oksigen (O^2). Karena sangat pentingnya peran jantung inilah, maka kita harus menjaga kesehatan jantung supaya berfungsi sebagaimana mestinya.

Penelitian “Impelementasi Fuzzy Expert System Untuk Diagnosis Penyakit Jantung” melakukan desain *fuzzy expert system* untuk diagnosa penyakit jantung, dalam hal ini menggunakan fuzzy mamdani. Desain sistem ini mempunyai 15 variabel input dan 1 variabel output. Variabel input mencakup jenis nyeri dada, tekanan darah, kolesterol (LDL), diabetes, data ECG, detak jantung maksimum, latihan, old peak, thalium scan, jenis kelamin, umur, merokok, dada kiri ditekan terasa sakit, sesak nafas, dan batuk berdahak. Variabel output adalah tingkat resiko penyakit yang diderita oleh pasien. Output memberikan tingkatan mulai dari sehat, dan sakit stadium satu sampai empat. Analisa metode menggunakan fuzzy mamdani. Hasil akurasi dari uji sistem adalah membandingkan output sistem

dengan hasil pemeriksaan dokter spesialis sebesar 70%. Sistem dapat disarankan sebagai alternatif mendeteksi secara dini penyakit jantung.

3. (Silvia Ratna, 2020) dalam penelitiannya berjudul “Sistem Monitoring Kesehatan Berbasis Internet of Things (IoT)”

Internet of Things adalah jaringan komunikasi dimana alat-alat dan sensor saling berhubungan satu sama lain atau dengan sistem yang lebih besar. Jaringan IoT mengumpulkan miliaran data dari perangkat yang sangat berbeda yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Saat ini, ada sekitar 20 miliar perangkat di dunia yang berinteraksi satu sama lain, dan pada tahun 2025 diperkirakan akan mencapai 75 miliar perangkat.

Aplikasi IoT di sektor kesehatan meningkat dari hari ke hari, orang yang tinggal di daerah pedesaan tidak dapat mengambil manfaat dari layanan kesehatan preventif karena kurangnya infrastruktur. Akibatnya, kematian terjadi sangat dini di wilayah yang jauh dari puskesmas atau rumah sakit. Selain itu dengan penuaan populasi dunia cepat, kebutuhan para lansia untuk bantuan kehidupan semakin meningkat. Perangkat yang menyediakan pemantauan secara terus menerus terhadap pasien ini relatif mahal dan membutuhkan tenaga terlatih untuk menggunakannya. Untuk membantu pasien tersebut untuk ditindaklanjuti secara terus menerus dengan alat kesehatan yang dapat dipakai untuk menjaga kesehatan mereka, alat yang dipakai ini secara terus menerus untuk mengukur detak jantung telah terjadi, maka akan mengirimkan informasi tentang kondisi kesehatan pasien kepada anggota keluarga dan dokter. HR dan HRV digunakan terutama sebagai alat

diagnostik untuk penyakit jantung dan non-jantung seperti gagal jantung, penuaan, penyakit parkinson, diabetes.

IoT adalah realistik baru yang sepenuhnya mengubah kehidupan kita sehari-hari. Ini juga merupakan cara untuk merevolusi perawatan kesehatan modern dengan memberikan perawatan yang lebih personal dan preventif. Berkat teknologi IoT, informasi diantara berbagai perangkat pintar dapat dihubungkan dari mana saja dengan media internet sebagai media koneksinya. Dalam teknologi IoT, dengan layanan kesehatan pintar dapat memberikan diagnosis penyakit jarak jauh, dengan biaya murah, konsumsi daya rendah, dan memiliki kinerja tinggi, perangkat yang dapat mengumpulkan data jantung pasien untuk dapat dikirim ke pihak keluarga pasien atau dokter. Pemantauan kesehatan seseorang secara realtime melalui perangkat IoT dapat dipakai dengan banyak perangkat sensor-sensor alat kesehatan lainnya.

4. (Kowsigan et al., 2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Heart Disease Prediction by Analysing Various Parameters using Fuzzy Logic”

Jantung adalah bagian terpenting dari tubuh manusia kita, kehidupan individu tentu tergantung pada kerja jantung yang efisien. Penyakit jantung adalah faktor utama untuk kerusakan ginjal, otak dan banyak anggota tubuh lainnya. Sekitar 15 persen kematian terjadi pada kelompok usia 25 hingga 69 tahun karena penyakit jantung. Oleh karena itu, para ahli memerlukan keputusan yang akurat dengan mempertimbangkan faktor risiko sehingga dirancang sistem pakar yang menggunakan beberapa algoritma prediksi untuk mendiagnosis penyakit jantung. Sistem ini dapat diimplementasikan di daerah perkotaan maupun pedesaan, untuk

membantu mereka dalam diagnosis untuk penyakit jantung. Algoritma diagnosis yang digunakan untuk proyek ini adalah logika fuzzy. Logika fuzzy adalah metode untuk menghitung analisis berdasarkan presisi sistem. Sistem menghitung berdasarkan statistik yang ditulis dalam bahasa alami daripada perhitungan normal yang dilakukan menggunakan logika boolean 0 dan 1, sistem bekerja seperti otak manusia. Himpunan fuzzy adalah himpunan yang anggota-anggotanya memiliki tingkat hubungan yang sama. Logika fuzzy memetakan fungsi keanggotaan ke predikat ke dalam himpunan fuzzy, ini adalah proses mengubah nilai fuzzy menjadi himpunan tegas.

5. (Naseer et al., 2020) dalam penelitiannya yang berjudul “Diagnosis Heart Disease Using Mamdani Fuzzy Inference Expert System”

Teknologi informasi memainkan peran penting dalam setiap aspek kehidupan era ini. Sistem pendukung keputusan sangat berguna untuk membantu dibidang kesehatan, karena pengetahuan, kemahiran dan kemampuan penalaran logis yang berguna. Penyakit jantung merupakan penyebab utama kematian diseluruh dunia, praktisi medis menggunakan keahlian mereka untuk memprediksi penyakit jantung. Terkadang, dokter mungkin bingung tentang diagnosis penyakit jantung karena banyaknya faktor risiko yang terlibat didalamnya. Untuk menangani masalah tersebut peneliti menghadirkan sebuah sistem yang berbasis logika fuzzy untuk diagnosis penyakit jantung. Sistem logika fuzzy ini memiliki 5 variabel input yang akan mempercepat waktu untuk proses medis dalam memutuskan diagnosis penyakit jantung. Dalam menggunakan sistem fuzzy ini langkah pertama pemilihan variabel input dan pada langkah kedua dikembangkan dengan membuat bantuan

aturan fuzzy yang berbobot, sehingga dapat dikatakan sistem keputusan yang menggunakan logika fuzzy ini ditemukan jauh lebih akurat dan tepat.

2.2 Diagnosa

Diagnosa atau diagnosis adalah tindakan yang dilakukan untuk menjelaskan gejala dan tanda klinis yang dialami oleh pasien, serta membedakannya dengan kondisi lain yang serupa. Penegakan suatu diagnosis diawali dengan cara mengumpulkan informasi melalui *anamnesis* atau yang berkaitan dengan pemeriksaan riwayat kesehatan yang kemudian akan dilanjutkan dengan pemeriksaan kondisi fisik pasien. Menurut para ahli Thorndike dan Hagen (2011), diagnosis dapat diartikan sebagai berikut :

- a. Upaya atau proses menemukan kelemahan atau penyakit (*weakness, disease*) apa yang dialami seseorang dengan melalui pengujian dan studi yang seksama mengenai gejala-gejalanya (*symptoms*).
- b. Studi yang seksama terhadap fakta tentang suatu hal untuk menemukan karakteristik atau kesalahan-kesalahan dan sebagainya yang esensial.
- c. Keputusan yang dicapai setelah dilakukan suatu studi yang seksama atas gejala-gejala atau fakta tentang suatu hal.

Dari ketiga pengertian diatas, dapat disimpulkan bahwa di dalam konsep diagnosis, secara implisit telah tercakup pula konsep prognosinya. Dengan demikian dalam proses diagnosis bukan hanya sekadar mengidentifikasi jenis dan karakteristiknya, serta latar belakang dari suatu kelemahan atau penyakit tertentu, melainkan juga mengimplikasikan suatu upaya untuk meramalkan kemungkinan dan menyarankan tindakan pemecahannya.

2.3 Sistem Pakar

Sistem Pakar adalah sebuah kecerdasan buatan yang terdapat dalam sebuah perangkat lunak yang dibangun dengan kemampuan mendekati seorang pakar atau manusia yang memiliki pengetahuan tinggi di bidang tertentu yang diharapkan dapat membantu memecahkan sebuah masalah. Seorang pakar adalah orang yang mempunyai keahlian dalam bidang tertentu. Pemrosesan yang dilakukan oleh sistem pakar adalah orang yang mempunyai keahlian dalam bidang tertentu. Pada bagian pemrosesan yang dilakukan sistem pakar merupakan pemrosesan pengetahuan (*knowledge*). *Knowledge* yang digunakan pada sistem pakar merupakan serangkaian informasi mengenai gejala-diagnosa, sebab-akibat, aksi-reaksi tentang suatu domain tertentu, seperti domain diagnosa medis. Dalam penyusunannya, sistem pakar mengkombinasikan kaidah-kaidah penarikan kesimpulan (*inference rules*) dengan basis pengetahuan tertentu yang diberikan oleh satu atau lebih pakar dalam bidang tertentu, kombinasi dari kedua hal tersebut lalu disimpan ke dalam perangkat lunak, yang selanjutnya digunakan dalam proses pengambilan keputusan untuk masalah tertentu.

2.4 Penyakit Jantung

Jantung adalah organ berupa otot, berbentuk kerucut, berongga dan dengan basisnya di atas dan pucaknya di bawah. Berat jantung kira-kira 300gram (Mirza Maulana, 2017). Agar jantung berfungsi sebagai pemompa yang efisien, otot-otot jantung, rongga atas dan rongga bawah harus berkontraksi secara bergantian. Jantung adalah organ yang bertugas memompa darah yang mengandung oksigen

keseluruh tubuh, jika kurangnya pasokan darah ke jantung maka akan mengalami kondisi kerusakan jantung seperti terkena serangan jantung, akibat salah satu nadi koroner tertutup beberapa saat karena mengencangnya nadi koroner atau akibat penggumpalan darah.

2.4.1 Gejala-gejala Penyakit Jantung

Gejala-gejala penyakit jantung biasanya setiap orang berbeda-beda.

Sebuah penyakit jantung mungkin mulai dari :

- a. Pusing dan pingsan. Penurunan aliran darah karena denyut atau irama jantung yang abnormal atau karena kemampuan memompa yang buruk, bisa menyebabkan pusing dan pingsan.
- b. Nyeri karena jika otot tidak mendapatkan cukup darah maka oksigen yang tidak memadai dan hasil metabolisme yang berlebihan menyebabkan kram atau kejang.
- c. Sesak napas karena masuknya cairan ke dalam rongga udara di paru-paru.
- d. Kelelahan atau kepenatan, jika jantung tidak efektif memompa, maka aliran darah ke otot selama melakukan aktivitas akan berkurang, sehingga menyebabkan penderita merasa lemah dan lelah. Gejala ini sering kali bersifat ringan.

2.4.2 Faktor Risiko Penyakit Jantung

1. Faktor umur

Semakin bertambahnya usia seseorang, kemungkinan menderita penyakit jantung meningkat, pria lebih cenderung mudah terserang penyakit. Memasuki usia 45 tahun bagi pria sangat penting untuk menyadari kerentanan mereka dan mengambil tindakan pencegahan penyakit jantung, sedangkan pada wanita adalah memasuki usia 55 tahun atau pada saat mengalami menopause.

2. Riwayat penyakit jantung dalam keluarga

Riwayat penyakit dalam keluarga juga pengaruh terjadinya penyakit jantung pada diri kita, terutama orang tua yang memiliki riwayat penyakit jantung yang terjadi sebelum usia 60 tahun, maka berisiko tinggi terkena serangan jantung.

3. Diabetes

Kebanyakan penderita diabetes meninggal bukanlah karena meningkatnya tingkat gula dalam darah, namun karena kondisi komplikasi jantung mereka. Diabetes adalah suatu penyakit atau gangguan metabolisme kronis dengan multietiologi yang ditandai dengan tingginya kadar gula darah disertai dengan gangguan metabolisme karbohidrat, lipid dan protein sebagai akibat insufisiensi fungsi insulin (Yosmar et al., 2018). Menurut Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit, Direktorat Pencegahan dan Penyakit Tidak Menular 2019,

batas normal kadar gula darah sewaktu adalah >200 mg/dl

batas normal kadar gula darah puasa adalah >126 mg/dl

4. Hipertensi atau Tekanan Darah Tinggi

Tekanan darah yang tinggi (Hipertensi) terkadang tidak dirasakan gejalanya. Namun terkadang terasa kaku di tengkuk atau kepala terasa pusing dan orang yang mengalami hipertensi merasakan telinga terasa berbunyi kerasa bahkan bisa mengeluarkan darah dari hidung atau mimisan. Ini disebabkan karena menimbunnya lemak dalam pembuluh darah sehingga menghambat saluran darah, akibatnya jantung akan memompa darah dengan lebih kuat. Karena sangat kuat, pembuluh darah mengalami tekanan dan ini yang kemudian disebut darah tinggi.

Tabel 2.1 Klasifikasi Tekanan Darah Tinggi

Klasifikasi Tekanan Darah	Tekanan Darah Sistol (mmHg)	Tekanan Darah Diastol (mmHg)
Normal	<120	<80
Prehipertensi	120 – 139	80 – 89
Hipertensi Stage 1	140 – 159	90 – 99
Hipertensi Stage 2	160 atau >160	100 atau >100

5. Kolesterol

Kolesterol dalam kehidupan sehari-hari sering kita kenal dengan bahasa awam yaitu lemak. Kolesterol yang tinggi merupakan faktor risiko terjadinya penyakit jantung koroner. Tiap orang harus menjaga kadar kolesterolnya tetap normal sehingga risiko penyakit jantungnya tetap rendah. Kolesterol berasal dari makanan yang sehari-hari di konsumsi misalnya minyak, makanan yang digoreng dan lemak hewan. Kelebihan makanan yang mengandung kolesterol menyebabkan kolesterol dalam darah kita menjadi tinggi, ini tidak baik untuk jantung. Kolesterol

merupakan zat yang dibutuhkan untuk tubuh. Namun, tubuh membutuhkan kolesterol bukan dalam jumlah yang banyak.

Tabel 2.2 Jenis dan Kadar Kolesterol

Jenis Kolesterol	Kondisi	Kadar Kolesterol
Kolesterol Total	Normal	<200 mg/dl
	Tinggi	200 – 239 mg/dl
	Sangat Tinggi	>240 mg/dl
Kolesterol LDL	Sangat Baik	<100 mg/dl
	Baik	100 – 129 mg/dl
	Kurang Baik	130 – 159 mg/dl
	Tinggi	160 – 189 mg/dl
	Sangat Tinggi	>190 mg/dl
Kolesterol HDL	Baik	>60 mg/dl
	Buruk	<40 mg/dl

6. Obesitas atau Kelebihan Badan

Kelebihan berat badan merupakan masalah yang akan terus meningkat. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya kelebihan kalori (makanan) dan menurunnya aktivitas fisik. Gaya hidup seperti itu diistilahkan oleh Negara-negara maju dengan istilah “*sedentary life style*”. Untuk mengukur apakah kita termasuk obesitas atau kelebihan badan dengan melakukan *Indeks Masa Tubuh*, dengan melakukan perhitungan seperti dibawah ini.

$$\text{indeks masa tubuh} = \text{berat badan (kg)} : \text{tinggi badan (m)}^2$$

Setelah mendapatkan hasil pengukuran indeks masa tubuh, maka perlu diperhatikan kategori indeks masa tubuh.

Tabel 2.3 Tabel Indeks Masa Tubuh

Indeks Masa Tubuh	Kategori
18,5 – 24,9	Normal
25 – 29,9	Kelebihan Berat Badan
30 keatas	Obesitas

2.5 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah konsep yang berguna untuk perangkat keras atau alat-alat dan sensor saling berhubungan satu sama lain atau dengan sistem yang lebih besar.

Menurut (Ashton, 2017) sang penemu istilah Internet of Things merupakan sebuah sensor yang terkoneksi dengan internet serta dapat bertingkah layaknya internet dan membuka koneksi terbuka setiap saat dan menyebarkan data secara bebas yang memungkinkan aplikasi tidak terduga sehingga komputer bisa mempelajari dunia sekitar mereka supaya dapat menjadi bagian dari kehidupan manusia.

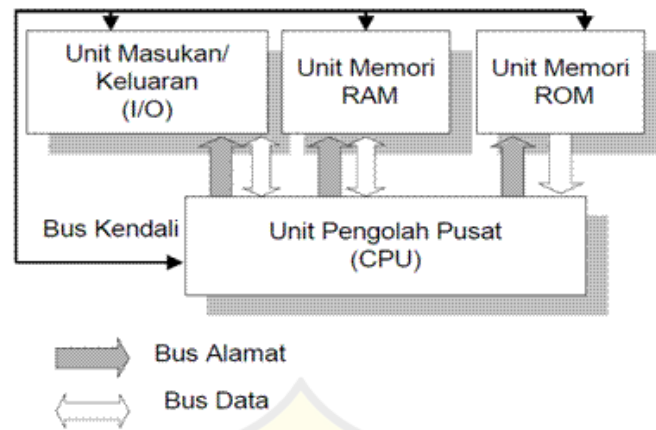
2.6 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip IC (Integrated Circuit) dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu. Pada dasarnya, sebuah IC mikrokontroler terdiri dari satu atau lebih inti prosesor (CPU), Memori (RAM dan ROM) serta perangkat input dan output yang dapat diprogram.

Cara kerja mikrokontroler sebenarnya menulis dan membaca data, didalam mikrokontroler terdapat chip yang biasa digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya, dengan kata lain bisa disebut dengan “pengendali kecil” dimana dengan sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

Biasanya, mikrokontroler digunakan dalam alat yang dapat dikendalikan secara otomatis seperti sistem kontrol mesin, remote controls, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan. Dengan mengurangi ukuran, biaya dan konsumsi tenaga kerja dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat input/output terpisah, dengan adanya mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis.

Untuk membuat mikrokontroler dapat berfungsi dengan baik, dibutuhkannya komponen eksternal yang kemudian disebut dengan sistem minimum. Untuk membuat sistem minimal paling tidak membutuhkan sistem clock dan reset, walaupun beberapa mikrokontroler sudah menyediakan sistem clock internal, sehingga tanpa rangkaian eksternal pun mikrokontroler sudah beroperasi. Sistem minimal adalah sebuah rangkaian mikrokontroler yang sudah dapat digunakan untuk menjalankan sebuah aplikasi. Pada pembahasan ini mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU ESP8266, berikut adalah beberapa bagian dari mikrokontroler tersebut.



Gambar 2.1 Bagian Mikrokontroler (Sumber : bamai.uma.ac.id)

1. *Central Processing Unit (CPU)*

CPU merupakan bagian utama dalam suatu mikrokontroler. CPU pada mikrokontroler ada yang berukuran 8 bit dan ada yang berukuran 16 bit. CPU ini akan membaca program yang tersimpan didalam ROM lalu melaksanakannya.

2. *Read Only Memory (ROM)*

ROM merupakan suatu memori (alat untuk mengingat) yang sifatnya hanya dibaca saja. Dengan demikian ROM tidak dapat ditulisi. Dalam dunia mikrokontroler, ROM digunakan untuk menyimpan program bagi mikrokontroler tersebut. Program tersimpan dalam format biner, susunan bilangan biner tersebut bila telah terbaca oleh mikrokontroler akan memiliki arti tersendiri.

3. *Random Access Memory (RAM)*

RAM merupakan jenis memori selain dapat dibaca juga dapat ditulis berulang kali. Tentunya dalam pemakaian mikrokontroler ada semacam data yang bisa berubah pada saat mikrokontroler tersebut bekerja. Perubahan

data tersebut tentu akan tersimpan ke dalam memori. Isi pada RAM akan hilang jika catu daya listrik hilang.

4. *Input/Output (I/O)*

Untuk berkomunikasi dengan dunia luar, maka mikrokontroler menggunakan terminal (I/O), yang digunakan untuk masukan atau keluaran.

2.6.1 Jenis-jenis Mikrokontroler

1. Mikrokontroler AVR

Mikrokontroler ALV and Vegard's Risc prosessor atau sering dinamakan dengan AVR yang merupakan jenis mikrokontroler RISC 8 bit. Karena merupakan RISC, maka sebagian besar semua kode intruksinya dikemas dalam satu siklus clock. AVR merupakan jenis mikrokontroler yang paling banyak digunakan dalam bidang elektronika dan instrumentasi.

Sebuah perusahaan semikonduktor yang didirikan pada tahun 1984 di Amerika Serikat, perusahaan ini memproduksi berbagai macam komponen elektronik seperti pengendali mikro, pengendali sinyal digital atau DSP dan lain-lainnya. Perusahaan ini memproduksi mikrokontroler AVR dan menjadi produksi utama atau andalan dalam pengendali mikro. Arsitektur ini dirancang memiliki berbagai kelebihan dan merupakan penyempurnaan dari arsitektur mikrokontroler yang sudah ada. Berbagai seri mikrokontroler AVR telah diproduksi Atmel dan sudah digunakan di dunia sebagai mikrokontroler yang bersifat low cost and high performance, di Indonesia sendiri, mikrokontroler AVR banyak digunakan karena fitur-fiturnya terbilang lengkap, mudah didapatkan dan harga yang terjangkau.

Mikrokontroler AVR terbagi menjadi 4 kelas yaitu ATTiny, AT90Sxx, ATMegadan AT86RFxx. Adapun yang membedakan masing-masing kelas tersebut antara lain memori, peripheral dan fungsinya. Berikut adalah beberapa seri mikrokontroler AVR buatan Atmel beserta dengan fitur dan fungsinya.

Seri	Flash (kbytes)	RAM (bytes)	EEPROM (kbytes)	Pin I/O	Timer 16-bit	Timer 8-bit	UART	PWM	ADC 10-bit	SPI	ISP
ATmega8	8	1024	0.5	23	1	1	1	3	6/8	1	Ya
ATmega8535	8	512	0.5	32	2	2	1	4	8	1	Ya
ATmega16	16	1024	0.5	32	1	2	1	4	8	1	Ya
ATmega162	16	1024	0.5	35	2	2	2	6	8	1	Ya
ATmega32	32	2048	1	32	1	2	1	4	8	1	Ya
ATmega128	128	4096	4	53	2	2	2	8	8	1	Ya
ATtiny12	1	-	0.0625	6	-	1	-	-	-	-	Ya
ATtiny2313	2	128	0.125	18	1	1	1	4	-	1	Ya
ATtiny44	4	256	0.25	12	1	1	-	4	8	1	Ya
ATtiny84	8	512	0.5	12	1	1	-	4	8	1	Ya

Gambar 2.2 Seri Mikrokontroler AVR buatan Atmel (Sumber : unnes.ac.id)

2. Mikrokontroler MCS-51

Mikrokontroler ini termasuk dalam kelas mikrokontroler CISC (*Complex Instruction Set Computer*). Pada mikrokontroler ini hampir semua intruksinya dijalankan dalam 12 siklus clock. Mikrokontroler jenis ini pada awalnya didesain untuk aplikasi mikrokontroler chip tunggal, namun mode perluasan mengizinkan sebuah ROM luar 64 kb dan RAM luar 64 kb diberikan alamat dengan cara jalur pemilihan chip yang terpisah untuk akses program dan memori data.

Mikrokontroler MCS-51 produksi Atmel terdiri dari 2 versi, yaitu versi 20 kaki dan versi 40 kaki. Semua jenis mikrokontroler MCS-51 tersebut dilengkapi dengan Flash PEROM (*Programmable Erasable Read Only Memory*) sebagai media memori program dan susunan kaki IC-IC tersebut sama pada tiap versinya, perbedaan dari kedua versi tersebut pada kapasitas memori program, memori data dan jumlah perwaktu 16 bit.

Tipe μ C	Memori Program	Memori Data	Pewaktu/Timer 16-bit	Teknologi
AT89C1051	1KB Flash	64 RAM	1	CMOS
AT89C2051	2KB Flash	128 RAM	2	CMOS
AT89C4051	4KB Flash	128 RAM	2	CMOS
AT89C51	4KB Flash	128 RAM	2	CMOS
AT89C52	8KB Flash	256 RAM	3	CMOS
AT89S53	12KB Flash	256 RAM	3	CMOS
AT89C55	20KB Flash	256 RAM	3	CMOS
AT89S8252	8KB Flash	256 RAM dan 2KB EEPROM	3	CMOS

Gambar 2.3 Seri Mikrokontroler MCS-51 buatan Atmel
(Sumber : unnes.ac.id)

3. Mikrokontroler PIC

PIC (*Programmable Interface Controller*) merupakan kelas mikrokontroler berarsitektur Harvard yang dibuat Microchip Technology, yang pada awalnya dikembangkan oleh divisi Mikroelektronik General Instruments dengan nama PIC1640. Mikrokontroler PIC merupakan rangkaian tunggal yang berukuran kecil dan berisikan memori pengolahan nit, jam dan Input/Output dalam satu unit. PIC juga dapat dibeli secara kosong untuk kemudian diberikan program dengan program kontrol tertentu. Mikrokontroler jenis ini cukup populer oleh para developer karena biayanya yang cukup terjangkau, ketersediaan dan penggunaan yang luas, database aplikasi yang besar, serta pemrograman melalui hubungan port serial yang terdapat pada komputer.

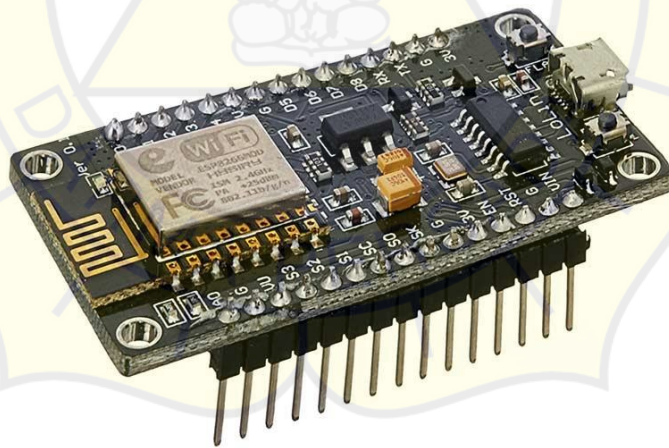
4. Mikrokontroler ARM

Mikrokontroler ARM (*Advanced RISC Machine*) adalah sebuah prosesor dengan arsitektur set intruksi 32 bit kelas RISC yang dikembangkan oleh ARM

Holdings. Pada awalnya ARM prosesor dikembangkan untuk PC (Personal Computer) oleh Acorn Computers, sebelum didominasi Inter x86 prosesor Microsoft di IBM PC kompatibel menyebabkan Acorn Computers bangkrut. Arsitektur ARM diimplementasikan pada windows, unix, dan sistem operasi yang serupa dengan unix termasuk Apple iOs, android BSD, inferno, solaris, webOs dan GNU/linux.

2.6.2 ESP8266

NodeMCU merupakan sebuah board yang terkoneksi dengan ESP8266 yang bersifat open source yang dimana board ini dapat difungsikan sebagai mikrokontroler dan sebagai modul internet (*wifi*). ESP8266 merupakan inti dari NodeMCU (khususnya ESP-12E, ESP-12) maka karakteristik yang dimiliki oleh NodeMCU tidak jauh berbeda dengan ESP-12.

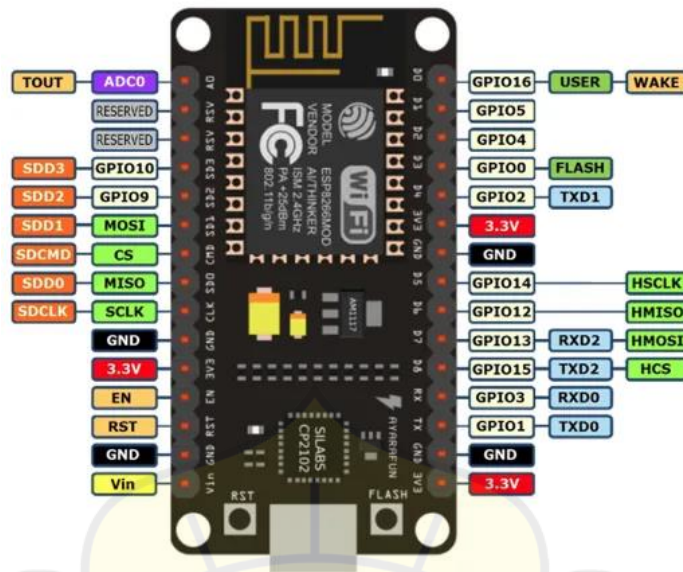


Gambar 2.4 NodeMCU ESP8266
(Sumber : blog-tki.universitaspertamina.ac.id)

NodeMCU berukuran panjang 4.83 cm, lebar 2.54 cm dan berat 7 gram. Board ini sudah dilengkapi dengan fitur WIFI dan Firmwarena yang bersifat

opensource. Berikut adalah daftar spesifikasi dan konfigurasi yang dimiliki oleh NodeMCU :

1. Board ini berbasis ESP8266 serial WiFi SoC (Single on Chip) dengan USB to TTL. Wireless yang digunakan adalah IEEE 802.11b/g/n.
2. 2 tantalum kapasitor 100 micro farad dan 10 micro farad.
3. 3.3v LDO regulator.
4. Blue led sebagai indikator.
5. Cp2102 usb to UART bridge.
6. Tombol reset, port usb, dan tombol flash.
7. Terdapat 9 GPIO yang di dalamnya ada 3 pin PWM, 1 x ADC Channel, dan pin RX TX.
8. 3 pin ground.
9. S3 dan S2 sebagai pin GPIO
10. S1 MOSI (Master Output Slave Input) yaitu jalur data dari master dan masuk ke dalam slave, sc cmd/sc.
11. S0 MISO (Master Input Slave Input) yaitu jalur data keluar dari slave dan masuk ke dalam master.
12. SK yang merupakan SCLK dari master ke slave yang berfungsi sebagai clock.
13. Pin Vin sebagai masukan tegangan. 14. Built in 32-bit MCU.



Gambar 2.5 Konfigurasi NodeMCU ESP8266 (Sumber : utdi.ac.id)

1. RST : berfungsi mereset modul.
2. ADC : Analog Digital Converter. Rentang tegangan masukan 0-1v, dengan skup nilai digital 0-1024.
3. EN : Chip Enable, Active High.
4. IO16 : GPIO16, dapat digunakan untuk membangunkan chipset dari mode deep sleep.
5. IO14 : GPIO14; HSPI_CLK
6. IO12 : GPIO12: HSPI_MISO
7. IO13 : GPIO13; HSPI_MOSI; UART0_CTS
8. VCC : Catu daya 3.3V (VDD)
9. CS0 : Chip selection
10. MISO : Slave output, Main input.
11. IO9 : GPIO9
12. IO10 : GPIO10
13. IO10 GPIO10MOSI : Main output slave input

14. SCLK : Clock
15. GND : Ground
16. IO15 : GPIO15; MTDO; HSPICS; UART0_RTS
17. IO2 : GPIO2; UART1_TXD
18. IO0 : GPIO0
19. IO4 : GPIO4
20. IO5 : GPIO5
21. RXD : UART0_RXD; GPIO3 22. TXD : UART0_TXD; GPIO1

2.7 Sensor

Sensor merupakan perangkat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan besaran fisik seperti tekanan, gaya, besaran listrik, cahaya, gerakan, kelembapan, suhu, kecepatan dan fenomena-fenomena lingkungan lainnya. Setelah itu input yang terdeteksi akan dikonversikan menjadi output yang dapat dimengerti oleh manusia.

Sensor pada dasarnya dapat dikatakan Transduser Input karena dapat mengubah energi fisik seperti cahaya, tekanan, gerakan, suhu atau energi fisik lainnya menjadi sinyal listrik atau resistansi (yang kemudian dikonversikan lagi ke tegangan atau sinyal listrik). Dalam kehidupan sehari-hari sudah banyak diaplikasikan penggunaan sensor hampir disemua bidang seperti layanan kesehatan, keamanan, industri, hiburan, transportasi, alat rumah tangga, sampai sektor pertanian.

2.7.1 Jenis dan Fungsi Sensor

Secara umum, ada cukup banyak jenis sensor yang bisa digunakan pada proses pengembangan Internet of Things (IoT). Masing-masing sensor tentu akan memiliki fungsi dan kegunaan tersendiri sesuai dengan tujuan pengembangannya.

Sebagai informasi, berikut adalah beberapa jenis dan fungsi teknologi sensor pada IoT yang umum digunakan.

1. Sensor Temperature

Salah satu jenis sensor yang kerap digunakan pada perangkat Internet of Things (IoT) adalah sensor temperature atau sensor suhu. Sesuai namanya, sensor ini akan digunakan untuk mengukur jumlah energi panas dalam suatu sumber tertentu. Sehingga memungkinkan para pengguna untuk mendeteksi terjadinya perubahan suhu dan mencatatnya menjadi data numeric.

2. Sensor Humidity

Jenis dan fungsi teknologi sensor pada IoT yang berikutnya adalah sensor humidity. Sesuai namanya, sensor ini akan digunakan untuk mengukur tingkat jumlah uap air di atmosfer udara.

Sensor jenis ini umumnya ditemukan dalam perangkat pemanas, sistem ventilasi, dan lain sebagainya. Perangkat IoT yang menggunakan sensor humiditas ini umumnya digunakan dalam skala yang cukup luas. Mulai dari penggunaan di rumah sakit hingga dimanfaatkan di stasiun Meteorologi untuk memprediksi terjadinya perubahan cuaca.

3. Sensor Pressure

Sensor lain yang juga umum digunakan pada perangkat berbasis IoT adalah sensor tekanan atau pressure. Nantinya sensor ini akan bisa digunakan untuk

merasakan dan mendeteksi terjadinya perubahan tekanan yang ada di material gas ataupun juga cairan. Ketika nilai tekanan di dalam medium tersebut berubah, maka perangkat IoT akan mendeteksi terjadinya perubahan tersebut. Selanjutnya, ia akan 'menginfokan' ke jaringan sistem yang terhubung agar bisa dilakukan penanganan lanjutan terhadap perubahan tekanan tersebut.

4. Sensor Level

Sensor ini juga termasuk yang cukup sering digunakan dalam perangkat IoT. Sensor level akan digunakan untuk mendeteksi tinggi rendahnya level zat yang ada di dalam suatu media. Jenis zat yang dimaksud bisa saja dalam bentuk cairan, bubuk, dan bahkan juga bahan granular. Perangkat IoT yang menggunakan sensor level umumnya digunakan di banyak industri seperti pabrik pembuatan minuman, pengolahan air, dan bahkan juga pengolahan makanan. Sensor ini bahkan juga bisa digunakan dalam industri pengolahan limbah karena bisa mendeteksi kandungan sampah dan zat pencemar di dalam media tertentu.

5. Sensor Pengukuran Jarak

Sensor jarak akan digunakan untuk mendeteksi jarak atau posisi suatu objek dari titik acuan tertentu. Jenis sensor yang satu ini kerap memancarkan gelombang elektromagnetik atau sinar inframerah untuk mendeteksi pengukuran jarak suatu objek.

Jenis sensor ini memiliki ranah penggunaan yang cukup menarik dan luas. Biasanya ia akan dikombinasikan dengan jenis sensor dan perangkat lain agar bisa memberikan fungsi yang lebih optimal. Misalnya digunakan untuk sistem parkir di mal, industri jalur perakitan, dan lain sebagainya.

2.7.2 Sensor MAX30102

Sensor MAX30102 merupakan chip elektronika skala kecil yang dirancang untuk mengukur jumlah detak jantung dan persentase oksigen yang terlarut kedalam darah. Sensor ini mencakup LED internal, sensor cahaya dan sebuah komponen optik. Sensor ini sangat cocok untuk digunakan karena memiliki kemungkinan menghubungkan melalui I2C, dan dapat dihentikan melalui perangkat lunak. Status mode standby konsumsi daya yang sangat rendah (konsumsi daya denyut jantung rendah (<1 mW)) dengan rasio SNR tinggi, itu sample rate output sensor juga dapat divariasikan dari 50 sps (*sample per second*) hingga 3200 sps, sensor ini dapat diubah pengaturan sensor untuk mendapatkan resolusi yang lebih baik dengan mengkonfigurasi register sensor sample yang lebih tinggi tetapi juga terkait dengan daya konsumsi (laju sample yang lebih tinggi dengan arus yang lebih tinggi konsumsi) (Hassaballah & Fayadh, 2020).



Gambar 2.6 Sensor MAX30102 (Sumber : Setianing Budi, 2020)

Dalam pengukuran saturasi oksigen dalam tubuh manusia cahaya merah dan inframerah akan bekerja untuk menghasilkan *photoplethysmogram* (PPG). Rasio diantara cahaya merah dengan inframerah akan mempunyai hasil yang beda. Dari yang dihasilkan rasio tersebut akan ditentukan kadar oksigen dalam darah (Spo₂). Spo₂ merupakan tingkat saturasi oksigen dalam darah. Sedangkan untuk

pengukuran detak jantung hanya membutuhkan satu sinyal photoplethysmogram yang berasal dari sinar merah atau inframerah. Pengukuran detak jantung digunakan untuk mengetahui gejala gangguan kesehatan, dimana salah satunya jumlah detak jantung per menit atau *beat per minutes*(Bpm).

Berikut adalah nama dan fungsi pada pin sensor MAX30102 :

Tabel 2.4 Fungsi pada Pin sensor MAX30102

Pin Sensor MAX30102	Keterangan
Vin	Input power supply
SCL	Input clock serial untuk protokol 2 komunikasi kabel
SDA	Digital input/output
INT	Analog input
IRD	Infrared driver
RD	LED red driver
GND	Ground

2.8 Logika Fuzzy

Logika Fuzzy adalah cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*. Logika Fuzzy ini merupakan peningkatan dari logika boolean yang mengenalkan konsep kebenaran sebagian. Menurut (Wirawan, 2017) pada buku Metode Penalaran dalam Kecerdasan Buatan :

1. Logika klasik (Crisp Logic) menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah binary (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak) seperti tidak ada nilai diantaranya.
2. Logika Fuzzy menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran seperti ada nilai diantara hitam dan putih.

Beberapa alasan digunakannya Logika Fuzzy :

1. Konsep logika fuzzy sangat fleksibel.
2. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
3. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
4. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
5. Logika fuzzy dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
6. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

Beberapa aplikasi yang menerapkan Logika Fuzzy :

1. Ilmu kedokteran dan biologi, seperti sistem diagnosis yang didasarkan pada logika fuzzy, penelitian kanker, manipulasi peralatan prostetik yang didasarkan pada logika fuzzy.
2. Ekonomi, seperti pemodelan fuzzy pada sistem pemasaran yang kompleks.
3. Kereta bawah tanah sendai yang mengontrol pemberhentian otomatis pada area tertentu.
4. Manajemen dan pengambilan keputusan, seperti manajemen basis data yang didasarkan pada logika fuzzy, tata letak pabrik yang didasarkan pada logika fuzzy, sistem pembuatan keputusan di militer yang didasarkan pada logika fuzzy, pembuatan games yang didasarkan pada fuzzy.

5. Teknik, seperti perancangan jaringan komputer, prediksi adanya gempa bumi.
6. Ilmu-ilmu sosial, terutama untuk pemodelan informasi yang tidak pasti.
7. Ilmu lingkungan, seperti kendali kualitas air, prediksi cuaca.

2.9 Himpunan Fuzzy

2.9.1 Pengertian Himpunan Fuzzy

Himpunan Fuzzy adalah kumpulan prinsip matematik sebagai penggambaran pengetahuan berdasarkan derajat keanggotaan daripada menggunakan derajat rendah dari logika biner klasik. Himpunan fuzzy adalah himpunan yang memiliki batas fuzzy karena ide dasar dari teori himpunan fuzzy adalah bahwa sebuah elemen termasuk dalam sebuah himpunan fuzzy dengan derajat keanggotaan tertentu, dimana tidak hanya bernilai benar atau salah, melainkan bisa saja sebagian benar atau sebagian salah untuk derajat tertentu.

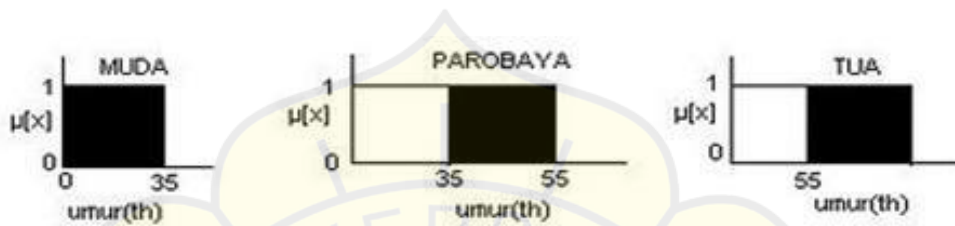
Himpunan tegas mendefinisikan secara tegas untuk setiap elemen anggotanya, sehingga pada himpunan tegas hanya memiliki dua kemungkinan derajat keanggotaan yaitu :

$$\begin{aligned}\mu_A(x) &= 1 \text{ Jika } x \in A, \text{ dan} \\ \mu_A(x) &= 0 \text{ Jika } x \notin A, \text{ untuk semua nilai } x\end{aligned}$$

dengan, μ_A adalah fungsi karakteristik dari Himpunan A. Pada himpunan fuzzy derajat keanggotaan untuk setiap elementnya terletak pada rentang $[0,1]$. Misalkan U adalah himpunan *universal*, yaitu suatu himpunan tegas.

Himpunan fuzzy digunakan untuk mengatasi sebuah nilai variabel dapat masuk dalam 2 himpunan yang berbeda, seperti variabel usia memiliki 3 kategori dengan masing-masing batas fuzzy-nya :

1. Muda umur <35 tahun
2. Paruh baya $35 \leq \text{umur} \leq 55$ tahun
3. Tua umur >55 tahun



Gambar 2.7 Contoh Himpunan Fuzzy
(Sumber : Irman Fiano & Purnomo, 2017)

2.9.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* kedalam derajat keanggotaan. Pendekatan fungsi merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan derajat keanggotaan.

Ada beberapa fungsi yang dapat digunakan :

- a. Representasi Linier

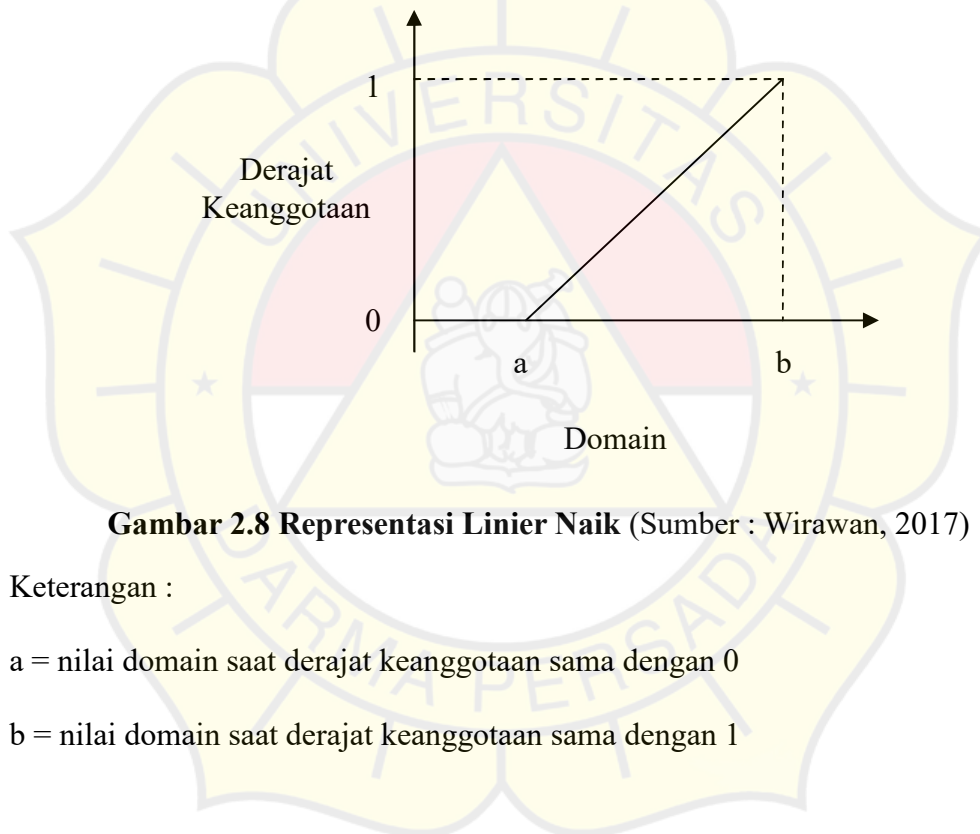
Pada representasi linier, pemetaan *input* derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Keadaan linier himpunan fuzzy terdiri dari dua keadaan linier naik dan linier turun.

1. Representasi Linier Naik

Pada linier naik, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan [0] bergerak ke kanan menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi dengan fungsi keanggotaan :

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

Gambar dibawah merupakan grafik fungsi keanggotaan representasi linier naik :



Gambar 2.8 Representasi Linier Naik (Sumber : Wirawan, 2017)

Keterangan :

a = nilai domain saat derajat keanggotaan sama dengan 0

b = nilai domain saat derajat keanggotaan sama dengan 1

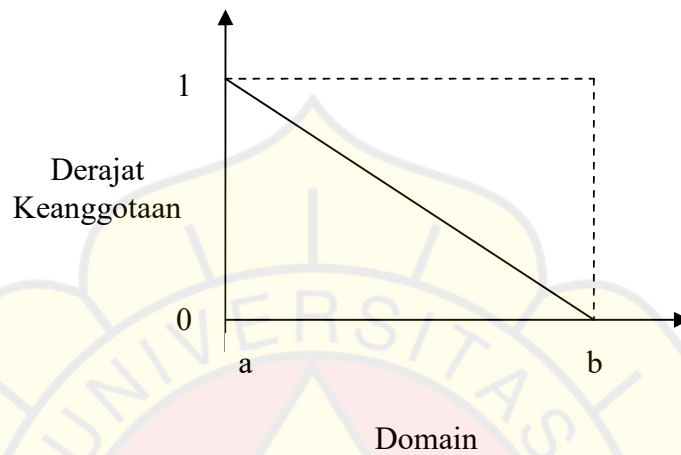
2. Representasi Linier Turun

Pada linier turun, garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki keanggotaan lebih rendah dengan fungsi keanggotaan :

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

Gambar dibawah ini merupakan grafik fungsi keanggotaan representasi linier turun

:



Gambar 2.9 Representasi Linier Turun
(Sumber : Wirawan, 2017)

Keterangan :

a = nilai domain saat derajat keanggotaan sama dengan satu

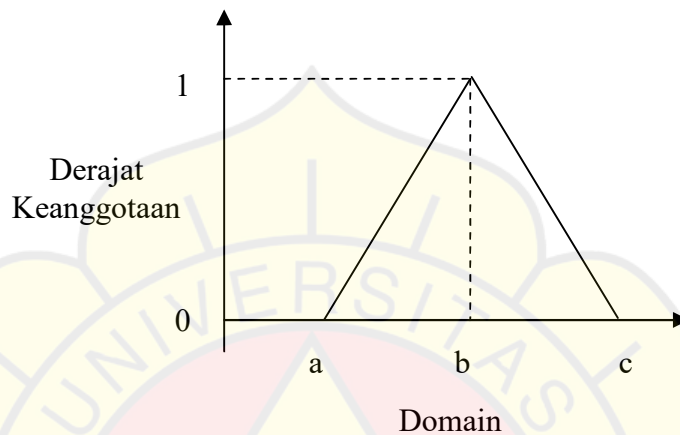
b = nilai domain saat derajat keanggotaan sama dengan nol

b. Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan segitiga ditandai oleh adanya 3 (tiga) parameter {a,b,c} yang akan menentukan koordinat x dari tiga sudut. Kurva ini pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linier). Adapun persamaan untuk bentuk segitiga ini adalah :

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

Gambar dibawah ini merupakan grafik fungsi keanggotaan representasi kurva segitiga :



Gambar 2.10 Representasi Kurva Segitiga
(Sumber : Wirawan, 2017)

Keterangan :

a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

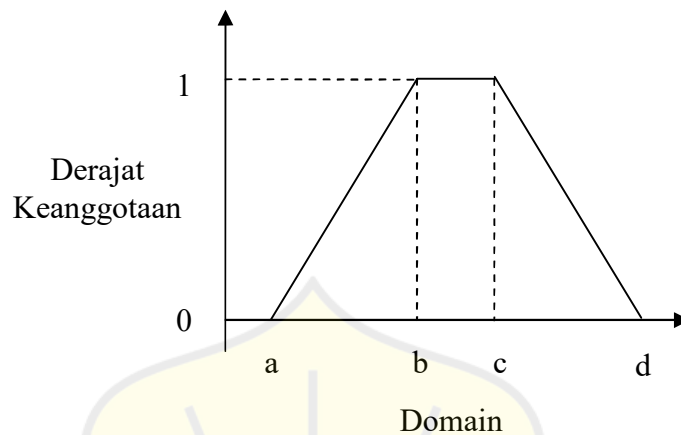
c = nilai domain terbesar saat derajat keanggotaan terkecil

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium ini pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki keanggotaan 1. Adapun persamaan untuk kurva trapesium ini adalah :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases}$$

Gambar berikut ini merupakan grafik fungsi keanggotaan representasi kurva trapesium :



Gambar 2.11 Representasi Kurva Trapesium
(Sumber : Wirawan, 2017)

Keterangan :

a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

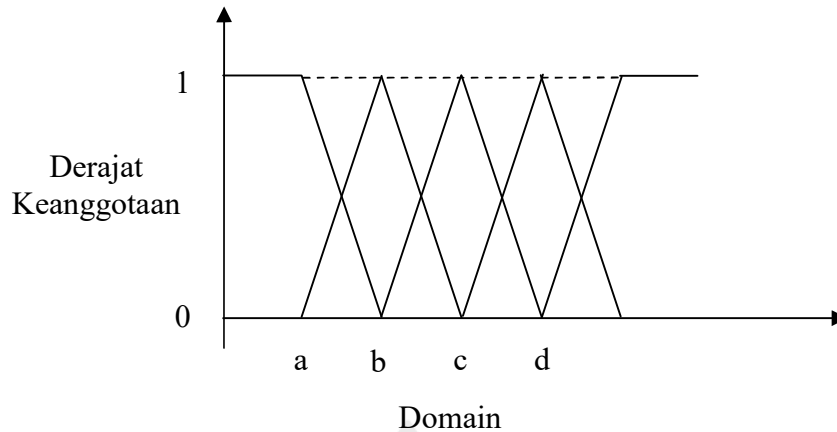
c = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

d = nilai domain terbesar saat derajat keanggotaan terkecil yang bergerak dari c.

d. Representasi Kurva Bahu

Representasi ini pada dasarnya gabungan dari kurva segitiga dan kurva trapesium. Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Tetapi terkadang pada salah satu sisi dari variabel fuzzy yang ditinjau ini terdapat nilai yang konstan, yaitu pada himpunan ekstrim kiri dan ekstrim kanan.

Gambar dibawah ini merupakan grafik fungsi keanggotaan representasi kurva bahu :



Gambar 2.12 Representasi Kurva Bahu
(Sumber : Wirawan, 2017)

Keterangan :

a = derajat keanggotaan terbesar dalam domain $[0, b]$

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain $[a, c]$

c = derajat keanggotaan terbesar dalam domain $[b, d]$

d = derajat keanggotaan terbesar dalam domain $[c, \infty)$

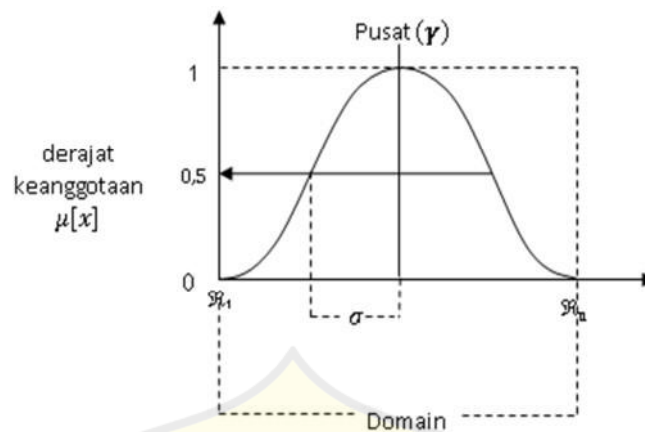
Banyakny a, b, c, d, e, Tergantung pada banyaknya himpunan fuzzy yang akan direpresentasikan. Fungsi keanggotaan pada representasi kurva bahu merupakan gabungan antara fungsi keanggotaan linier naik, fungsi keanggotaan linier turun dan fungsi keanggotaan segitiga.

e. Kurva Gauss

Kurva Gauss merupakan kurva berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain y , dan lebar kurva σ seperti berikut :

$$G(x; \sigma, \gamma) = e^{-\frac{(x-\gamma)^2}{2\sigma^2}}$$

Gambar berikut ini merupakan grafik fungsi keanggotaan representasi kurva gauss :



Gambar 2.13 Representasi Kurva Gauss
(Sumber : Wirawan, 2017)

2.9.3 Operator Dasar untuk Operasi Himpunan Fuzzy

Terdapat beberapa operasi yang dapat digunakan untuk mengkombinasikan dan memodifikasi himpunan fuzzy. Derajat keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering disebut dengan *fire strength* atau α – *predikat*. Terdapat 3 operator dasar yaitu sebagai berikut :

1. Operator AND (\cap)

Operator AND merupakan operator yang berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan. α – *predikat* sebagai hasil dengan operator AND diperoleh dengan mengambil derajat keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Misalkan A dan B adalah himpunan fuzzy pada U, maka himpunan fuzzy $A \cap B$ didefinisikan dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu_{A \cap B}(x, y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)), \forall x, y \in U$$

2. Operator OR (\cup)

Operator OR merupakan operator yang berhubungan dengan operasi union pada himpunan. α – *predikat* sebagai hasil dengan operator OR diperoleh dengan mengambil derajat keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Misalkan A dan B adalah himpunan fuzzy pada U, maka himpunan fuzzy $A \cup B$ didefinisikan dengan fungsi keanggotaan berikut.

$$\mu_{A \cup B}(x, y) = \max(\mu_A(x), \mu_B(y)), \forall x, y \in U$$

3. Operator NOT

Operator NOT merupakan operator yang berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. α – *predikat* sebagai hasil dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi derajat keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1. Misalkan A adalah himpunan fuzzy pada U. Sedangkan A' merupakan komplemen dari suatu himpunan fuzzy A, maka himpunan fuzzy A' didefinisikan dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

2.10 Sistem Inferensi Fuzzy (Metode Mamdani)

Metode Mamdani adalah salah satu teknik inferensi yang sering dikenal dengan Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Pada metode ini memiliki 4 tahap untuk mendapatkan output, yaitu pembentukan himpunan fuzzy, aplikasi fungsi implikasi (aturan), komposisi aturan, penegasan (defuzzy).

1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pada metode mamdani, variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min

3. Komposisi aturan

Tidak seperti penalaran monoto, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy yaitu : max, additive, dan probabilistik OR (probor).

4. Penegasan (defuzzy)

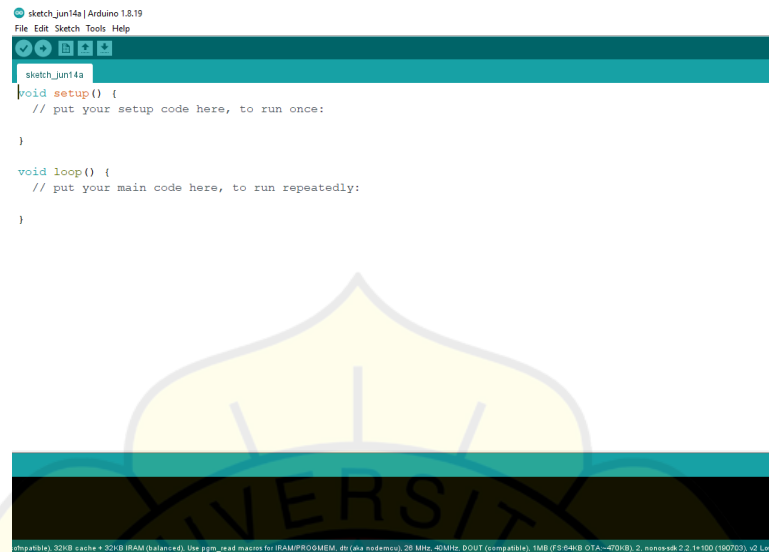
Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu.

2.11 Arduino IDE

Arduino IDE adalah software yang digunakan untuk membuat program pada *board* arduino maupun modul mikrokontroler yang support dengan software ini. Fungsi yang dimiliki dari Arduino IDE ini adalah untuk membuat, mengedit dan membuat program atau sketch. Sketch adalah nama lain dari code program untuk arduino yang berisikan sebuah logika dan algoritma yang nantinya code ini dapat di upload ke dalam IC mikrokontroler sesuai dengan yang dibutuhkan.

Penggunaan software ini sangat mudah, karena tersedianya berbagai macam contoh atau example code program sesuai dengan sensor atau mikrokontroler yang

digunakan karena tiap sensor maupun mikrokontroler mempunyai libraries tersendiri.



Gambar 2.14 Tampilan Software Arduino IDE

(Sumber : Pribadi)

Berikut adalah penjelasan bagian-bagian yang ada pada menu dari interface Arduino IDE :

Tabel 2.5 Interface Arduino IDE

Fitur Arduino IDE	Penjelasan
Verify	Fitur yang digunakan untuk memastikan apakah sketch yang dibuat sudah benar atau salah.
Upload	Menu ini digunakan untuk memasukkan sketch kedalam board arduino atau mikrokontroler yang support dengan software ini.
New	Berfungsi untuk membuka sketch baru.
Open	Berfungsi sebagai pembuka sketch yang pernah dibuat.
Save	Berguna dalam hal penyimpanan sketch, tapi tidak disertai dengan proses compile.

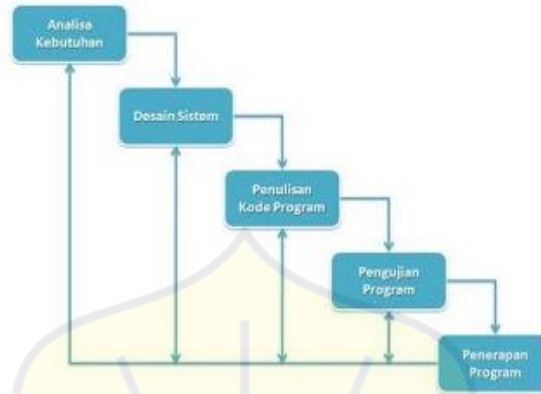
Serial Monitor	Berfungsi sebagai media dalam berhubungan serial dengan format digital.
Serial Plotter	Media hubungan serial dalam format analog.
Keterangan Aplikasi	Keterangan hasil compile dan done uploading pada software.
Include Library	Fitur yang digunakan untuk memilih library dari sensor yang akan digunakan.
Console	Tempat informasi sketch error beserta barisnya.
Port	Penunjuk port yang nantinya akan dipergunakan oleh board arduino.
Board	Penunjuk versi board arduino yang ingin digunakan.

2.12 Metodologi Pengembangan Sistem

Metode penelitian yang diterapkan pada penelitian ini adalah dengan pengembangan metode waterfall. Metode Waterfall adalah suatu proses pengembangan perangkat lunak berurutan, di mana kemajuan dipandang sebagai terus mengalir ke bawah (seperti air terjun) melewati fase-fase perencanaan, pemodelan, implementasi (konstruksi), dan pengujian.

Menurut Widiyanto, (2018), Model waterfall adalah model klasik yang bersifat sistematis, berurutan dalam membangun software. Nama model ini sebenarnya adalah “Linear Sequential Model”. Model ini sering disebut juga dengan “classic life cycle” atau metode waterfall. Model ini termasuk ke dalam model generic pada rekayasa perangkat lunak dan pertama kali diperkenalkan oleh Winston Royce sekitar tahun 1970 sehingga sering dianggap kuno, tetapi merupakan model yang paling banyak dipakai dalam Software Engineering (SE). Model ini melakukan pendekatan secara sistematis dan berurutan. Disebut dengan

waterfall karena tahap demi tahap yang dilalui harus menunggu selesainya tahap sebelumnya dan berjalan berurutan.



Gambar 2.15 Metodologi Waterfall
(Sumber : Pribadi)

Adapun penjelasan urutan dari tahapan-tahapan yang dimiliki metodologi waterfall adalah sebagai berikut :

1. Analisis Kebutuhan

Dalam langkah ini merupakan analisa terhadap kebutuhan sistem. Pengumpulan data dalam tahap ini bisa melakukan sebuah penelitian, wawancara atau study literatur. Seseorang system analisis akan menggali informasi sebanyak banyaknya dari user sehingga akan tercipta sebuah sistem komputer yang bisa melakukan tugas-tugas yang diinginkan oleh user tersebut. Tahapan ini akan menghasilkan dokumen user requirement atau bisa dikatakan sebagai data yang berhubungan dengan keinginan user dalam pembuatan sistem. Dokumen inilah yang akan menjadi acuan sistem analisis untuk menterjemahkan kedalam bahasa pemrograman.

2. Desain

Proses design akan menterjemahkan syarat kebutuhan ke sebuah perancangan perangkat lunak yang dapat diperkirakan sebelum dibuat koding.

Proses ini berfokus pada : struktur data, arsitektur perangkat lunak, representasi interface, dan detail (algoritma) prosedural. Tahapan ini akan menghasilkan dokumen yang disebut software requirement. Dokumen inilah yang akan digunakan programmer untuk melakukan aktivitas pembuatan sistemnya.

3. Implementasi

Coding merupakan penerjemahan design dalam bahasa yang bisa dikenali oleh komputer. Dilakukan oleh programmer yang akan menerjemahkan transaksi yang diminta oleh user. Tahapan inilah yang merupakan tahapan secara nyata dalam mengerjakan suatu sistem. Dalam artian penggunaan computer akan dimaksimalkan dalam tahapan ini. Setelah pengkodean selesai maka akan dilakukan testing terhadap sistem yang telah dibuat tadi. Tujuan testing adalah menemukan kesalahan-kesalahan terhadap system tersebut dan kemudian bisa diperbaiki.

4. Pengujian Program

Tahapan ini bisa dikatakan final dalam pembuatan sebuah sistem. Setelah melakukan analisa, design dan pengkodean maka sistem yang sudah jadi akan digunakan oleh user.

5. Pemeliharaan

Perangkat lunak yang sudah disampaikan kepada pelanggan pasti akan mengalami perubahan. Perubahan tersebut bisa karena mengalami kesalahan karena perangkat lunak harus menyesuaikan dengan lingkungan (peripheral atau system operasi baru) baru, atau karena pelanggan membutuhkan perkembangan fungsional.