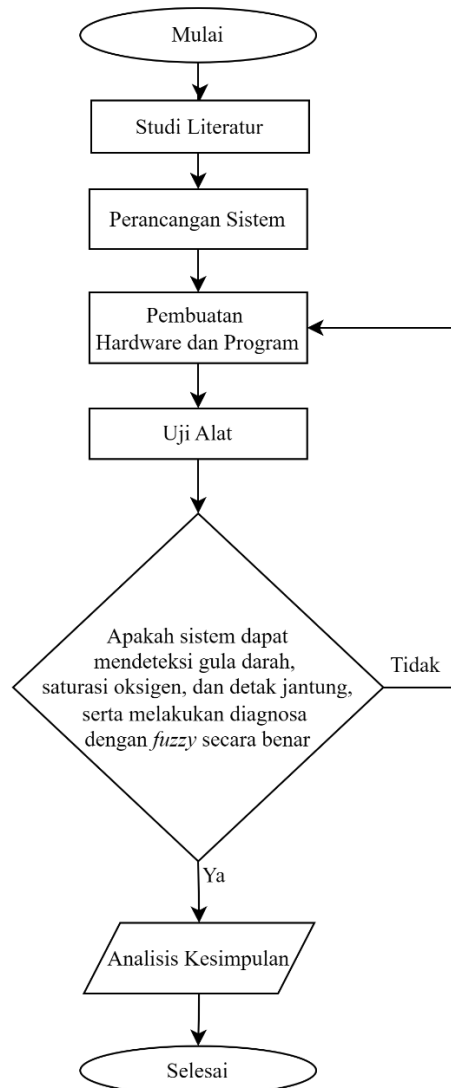


BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang metode dari penelitian yang akan dilakukan serta bagaimana alur penelitian akan dilakukan. Selain itu, pada bab ini juga membahas rancangan serta bagaimana sistem akan diuji.

3.1 ALUR PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan melalui beberapa tahap dengan tujuan untuk memberikan struktur yang lebih teratur dalam penyusunannya. Dengan adanya struktur yang teratur, pembaca akan lebih mudah memahami isi penelitian ini.



Gambar 3. 1 Flowchart Alur Penelitian

Untuk mempermudah pemahaman, alur penelitian akan dijelaskan dalam bentuk *flowchart* pada Gambar 3.1 yang menggambarkan semua proses atau runtutan dari penelitian ini. Tahap-tahap dalam penelitian ini dimulai dengan merumuskan masalah, merancang sistem untuk menentukan bagaimana sistem yang akan dibuat dan bekerja, merancang perangkat keras agar dapat bekerja dengan baik dan efisien, merancang perangkat lunak mengenai struktur sistem, antarmuka pengguna, dan arsitektur perangkat lunak, melakukan pengujian yang meliputi pengujian fungsional dan performa, dan terakhir menganalisis data dan menyimpulkan hasil dari perancangan serta pengujian.

3.2 ALAT DAN BAHAN

Berikut ini alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini beserta dengan fungsi kegunaan dari masing-masing alat dan bahan tersebut :

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan

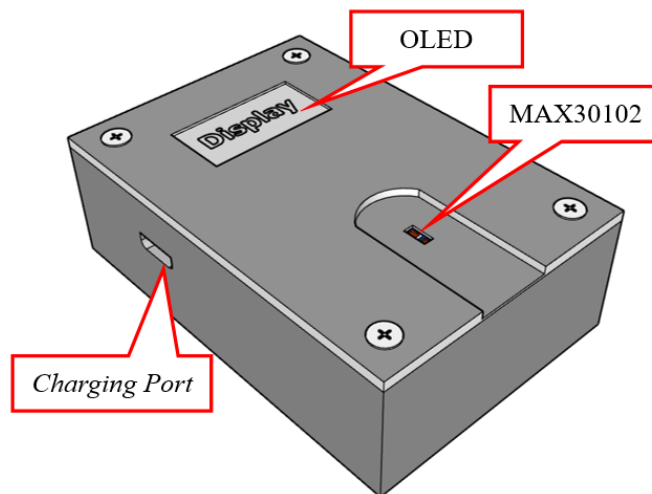
Alat dan Bahan	Kegunaan
<i>Soldering Kit</i>	Digunakan untuk menyolder komponen elektronik pada papan PCB
Tang Potong	Digunakan untuk memotong kabel atau terminal komponen
Obeng	Digunakan untuk memasang/membuka komponen dan papan PCB
Multimeter Zotek VC17B+ RMS	Digunakan untuk mengukur tegangan, arus, dan resistansi pada rangkaian
Laptop Windows 11	Digunakan sebagai perangkat pengembangan dan pemrograman
<i>Software</i> Arduino IDE	Digunakan untuk memprogram dan mengupload kode ke papan Arduino
<i>Software</i> EasyEDA	Digunakan untuk membuat desain skematik rangkaian
ESP8266	Merupakan mikrokontroler yang digunakan
Kabel Data <i>Micro</i> USB	Untuk menghubungkan ESP866 ke laptop
Sensor MAX30102	Sensor untuk mengukur saturasi oksigen, detak jantung, dan gula darah
<i>Display</i> OLED SSD1306	Untuk menampilkan hasil pembacaan sensor
Baterai <i>Lithium</i> 1000mah	Sebagai sumber daya perangkat
Modul <i>Boost Converter</i>	Sebagai <i>stepup</i> tegangan baterai ke 5V
PCB <i>matrix dual layer</i>	Papan sirkuit tempat memasang komponen
Modul <i>Charger</i> TP4056	Untuk pengisian ulang baterai

Kotak komponen	Sebagai tempat pelindung rangkaian komponen
<i>Pulse Oximeter</i>	Digunakan sebagai pembanding untuk pengukuran SpO2 dan BPM
<i>Sinocare Glucometer</i>	Digunakan sebagai pembanding untuk pengukuran gula darah

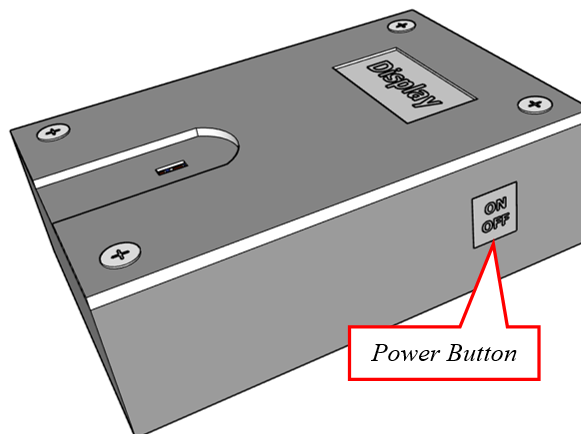
Pada Tabel 3.1, disajikan daftar alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Penggunaan kombinasi alat dan bahan ini diharapkan dapat mendukung proses perancangan, implementasi, dan pengujian proyek penelitian ini secara menyeluruh.

3.3 DESAIN SISTEM

Berikut ini desain sistem dari “Sistem Rekomendasi Kondisi Kesehatan Secara *Non-Invasive* Dengan *Fuzzy Tsukamoto* Berbasis *Internet of Things*” desain ini berguna untuk melindungi dan sebagai wadah komponen-komponen.



Gambar 3. 2 Desain Box Tampak Kiri

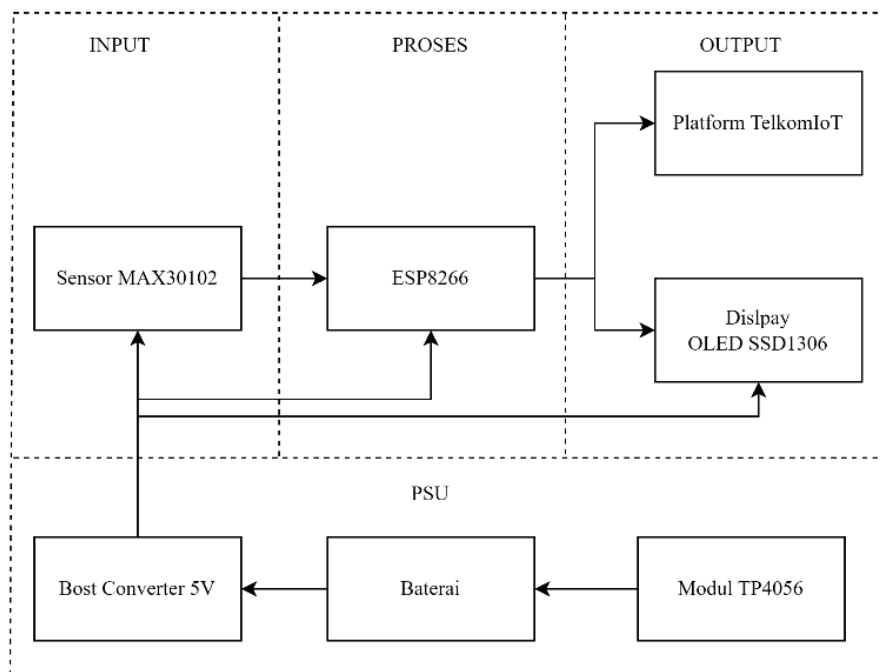


Gambar 3. 3 Desain Box Tampak Kanan

Pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 merupakan tampak kiri dan kanan dari *hardware* sistem yang dibuat menggunakan Sketchup. Pada tampak kiri perangkat terdapat sebuah *charging port* yang berfungsi sebagai lubang untuk pengisian daya perangkat, kemudian pada bagian depan terdapat sensor MAX30102 serta layar OLED untuk memudahkan pengguna membaca hasil pengukuran. Pada sisi kanan perangkat terdapat *power button* untuk menghidupkan dan menonaktifkan perangkat. Dalam implementasi nantinya akan menggunakan box plastik sebagai bahan pembuatan *casing*. Bahan box plastik dipilih dengan alasan murah dan lebih mudah untuk disesuaikan sehingga dapat memudahkan dalam perakitan.

3.4 PERANCANGAN SISTEM

Berikut ini diagram sistem dari “Sistem Rekomendasi Kondisi Kesehatan Secara *Non-Invasive* Dengan *Fuzzy Tsukamoto* Berbasis *Internet of Things*”.



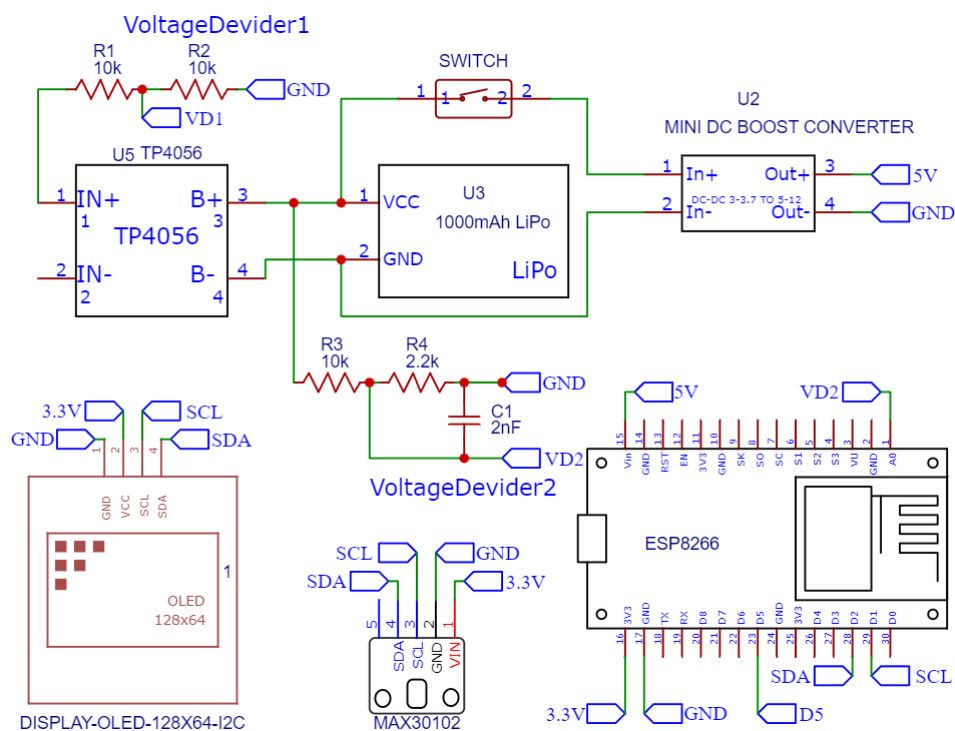
Gambar 3. 4 Blok Diagram Sistem

Seperti yang tertera pada Gambar 3.4, pada bagian *Power Supply Unit* (PSU) terdapat komponen baterai sebagai sumber daya melalui *boost converter* untuk sensor, mikrokontroler, dan *display*, selain itu pada bagian input terdapat sensor MAX30102 berfungsi untuk melakukan pengukuran kadar gula darah, saturasi oksigen, serta detak jantung secara *non-invasive* dengan metode *PPG reflectance*. Kemudian pada bagian proses terdapat mikrokontroler NodeMCU

sebagai pengelola data dari sensor yang kemudian akan mengirimkan data hasil pengukuran menuju *platform* IOT media koneksi yang digunakan melalui WiFi yang terhubung dengan internet, serta menampilkan hasil pengukuran pada layar. Pada bagian *output* terdapat Telkom IoT yang merupakan *platform* yang digunakan untuk melihat dan menampung data hasil pengukuran. Kemudian terdapat OLED SD1306 untuk melihat hasil pengukuran secara langsung.

3.5 PERANCANGAN *HARDWARE*

Perancangan *hardware* menggunakan EasyEDA untuk mendesain *wiring schematic* untuk mengkombinasikan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3. 5 Wiring Schematic

Sesuai pada Gambar 3.5, terdapat baterai Li-Ion sebagai catu daya yang terhubung dengan modul TP4056 sebagai *charger controller* yang kemudian terhubung ke *boost converter* yang kemudian digunakan untuk menyuplai sensor MAX30102 (sebagai inputan), ESP8266 (mikrokontroler), dan *Display* OLED untuk menampilkan *output*. Selain itu terdapat rangkaian pembagi tegangan 1 untuk mendeteksi pengisian daya dan rangkaian pembagi tegangan 2 untuk mendeteksi tegangan baterai.

Kemudian untuk mempermudah identifikasi pin mana saja yang harus dihubungkan. Dibuatlah tabel berikut untuk mempermudah melihat pin mana saja yang terhubung dan terhubung kemana saja.

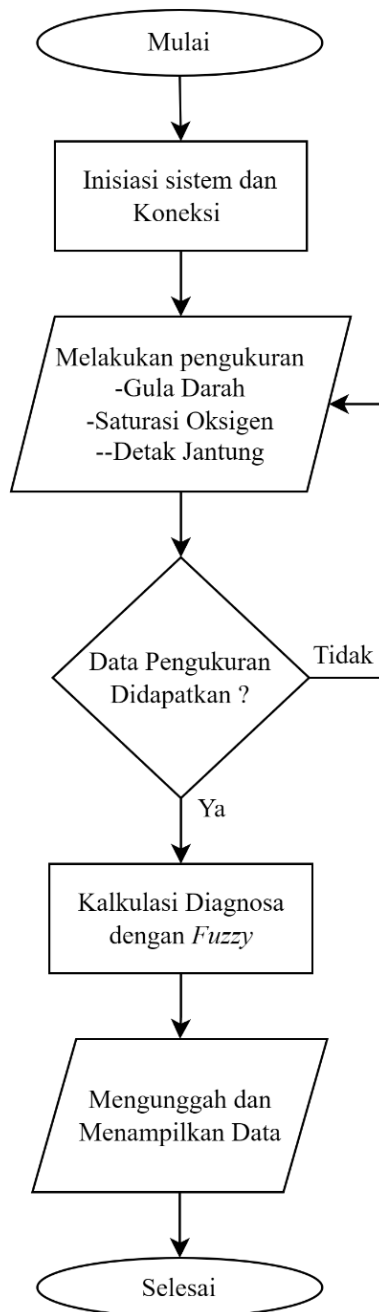
Tabel 3. 2. Koneksi Pin

TP4056	Battery	Boost Converter	ESP8266	OLED	VD1	VD2	MAX30102
In+					IN		
In-							
B +	VCC +	In+				IN	
B -	GND -	In-					
		Out +	Vin				
		Out -	GND	GND	GND	GND	GND
			3.3V	3.3V			3.3V
			D2	SDA			SDA
			D1	SCL			SCL
			D5		VD1		
			A0		VD2		

Pada Tabel 3.2 menunjukkan kemana pin dari masing-masing komponen saling terhubung. Pada modul *charging* TP4056, terhubung baterai dan modul *boost converter* pada pin B+ dan B-, kemudian *boost converter* yang dimana pin *out+* dan *out-* terhubung menuju ESP8266 melalui pin *vin* dan *ground*. Setelah itu terdapat LCD OLED dan sensor MAX30102 yang masing-masing pin *ground* terhubung ke *ground* ESP8266, pin 3.3V terhubung ke 3.3V ESP8266, pin SDA terhubung ke GPIO4 (D2), dan pin SCL terhubung ke pin GPIO5 (D1). Kemudian untuk keluaran dari pembagi tegangan 1 menuju ke pin D5 untuk mendeteksi pengisian daya, sedangkan keluaran dari pembagi tegangan 2 menuju ke pin A0 untuk mengukur tegangan baterai.

3.6 PERANCANGAN SOFTWARE

Perancangan *software* yang dimaksud merupakan pembuatan kode program dalam bahasa C yang nantinya akan diunggah kedalam mikrokontroler, yang dilakukan melalui Arduino IDE. Arduino IDE menyediakan lingkungan pengembangan yang mudah digunakan untuk memprogram mikrokontroler.



Gambar 3. 6 Flowchart program

Alur program yang dibuat sesuai dengan Gambar 3.6, ketika alat dinyalakan, alat akan melakukan inisialisasi sistem dan koneksi, dimana alat akan menghubungkan ke WiFi *router* yang kemudian akan mengatur koneksi menuju *platform*. Setelah alat dapat terhubung ke *platform* alat akan mulai melakukan pengukuran gula darah, saturasi oksigen, dan detak jantung. Apabila data tersebut sudah didapat, selanjutnya data akan diproses kedalam algoritma FIS untuk menentukan diagnosa kondisi kesehatan pengidap diabetes melitus. Setelah itu,

hasil pengukuran dan diagnosa akan diunggah ke *platfotm* serta ditampilkan pada layar.

3.7 PERANCANGAN FUZZY INFERENCE SYSTEM (FIS)

Pengambilan keputusan dengan menerapkan metode *fuzzy* Tsukamoto diperlukan perancangan dari *fuzzy inference system* tersebut, dimulai dari tahap fuzzifikasi dengan menentukan fungsi keanggotaan tiap variabel input dan *output*, serta penentuan *rule base*.

3.7.1 Fungsi Keanggotaan Fuzzy

1. Parameter Input Kadar Gula Darah Sewaktu (w)



Gambar 3. 7 Fungsi Keanggotaan Gula Darah Sewaktu

Pada Gambar 3.7 menunjukkan fungsi keanggotaan gula darah sewaktu yang didalamnya terdapat parameter rendah, normal, agak tinggi, dan tinggi. Pada grafik tersebut, sumbu y menunjukkan nilai keanggotaan, sedangkan sumbu x menunjukkan kadar gula darah dalam mg/dL . Kemudian untuk persamaan fungsi keanggotaan dari masing-masing parameter ditunjukkan pada persamaan 3.1, 3.2, 3.3, dan 3.4. Untuk kurva linier naik didapat dari perhitungan berdasarkan persamaan 2.6, sedangkan untuk kurva linier turun didapatkan dari perhitungan persamaan 2.7, dan untuk kurva segitiga didapatkan dari perhitungan persamaan 2.8.

Persamaan Fungsi Keanggotaan :

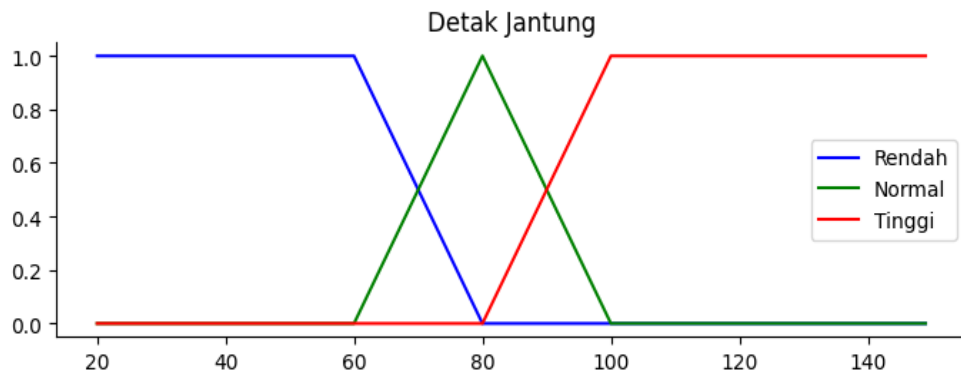
$$\mu_{\text{Rendah}}[w] = \begin{cases} 0, & w \geq 85 \\ \frac{85-w}{85-65}, & 65 < w < 85 \\ 1, & w \leq 65 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu_{Normal}[w] = \begin{cases} 0, & w \leq 65 \cup w \geq 160 \\ \frac{w - 65}{85 - 65}, & 65 < w < 85 \\ 1, & 85 \leq w \leq 140 \\ \frac{160 - w}{160 - 140}, & 140 < w < 160 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_{AgakTinggi}[w] = \begin{cases} 0, & w \leq 140 \cup w \geq 180 \\ \frac{w - 140}{160 - 140}, & 140 < w < 160 \\ 1, & w = 160 \\ \frac{180 - w}{180 - 160}, & 160 < w < 180 \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\mu_{Tinggi}[w] = \begin{cases} 0, & w \leq 160 \\ \frac{w - 160}{180 - 160}, & 160 < w < 180 \\ 1, & w \geq 180 \end{cases} \quad (3.4)$$

2. Parameter Input Detak Jantung (x)



Gambar 3. 8 Fungsi Keanggotaan Detak Jantung

Pada Gambar 3.8 menunjukkan fungsi keanggotaan detak jantung yang didalamnya terdapat parameter rendah, normal, dan tinggi. Pada grafik tersebut, sumbu y menunjukkan nilai keanggotaan, sedangkan sumbu x menunjukkan detak jantung per menit. Kemudian untuk persamaan fungsi keanggotaan dari masing-masing parameter ditunjukkan pada persamaan 3.5, 3.6, dan 3.7. Untuk kurva linier naik didapat dari perhitungan berdasarkan persamaan 2.6, sedangkan untuk kurva linier turun didapatkan dari perhitungan

persamaan 2.7, dan untuk kurva segitiga didapatkan dari perhitungan persamaan 2.8.

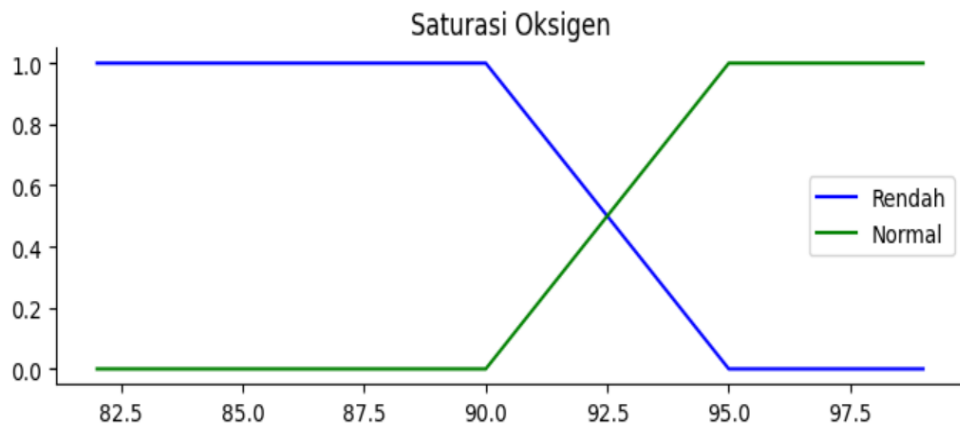
Persamaan Fungsi Keanggotaan :

$$\mu_{Rendah}[x] = \begin{cases} 0, & x \geq 80 \\ \frac{80-x}{80-60}, & 60 < x < 80 \\ 1, & x \leq 60 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu_{Normal}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 60 \cup x \geq 100 \\ \frac{x-60}{80-60}, & 60 < x < 80 \\ 1, & x = 80 \\ \frac{100-x}{100-80}, & 80 < x < 100 \end{cases} \quad (3.6)$$

$$\mu_{Tinggi}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 80 \\ \frac{x-80}{100-80}, & 80 < x < 100 \\ 1, & x \geq 100 \end{cases} \quad (3.7)$$

3. Parameter Input Saturasi Oksigen (y)



Gambar 3. 9 Fungsi Keanggotaan Saturasi Oksigen

Pada Gambar 3.9 menunjukkan fungsi keanggotaan saturasi oksigen yang didalamnya terdapat parameter rendah dan normal. Pada grafik tersebut, sumbu y menunjukkan nilai keanggotaan, sedangkan sumbu x menunjukkan kadar saturasi oksigen pada darah dalam persen (%). Kemudian untuk persamaan fungsi keanggotaan dari masing-masing parameter ditunjukkan pada persamaan 3.8 dan 3.9. Untuk kurva linier naik didapat dari perhitungan berdasarkan

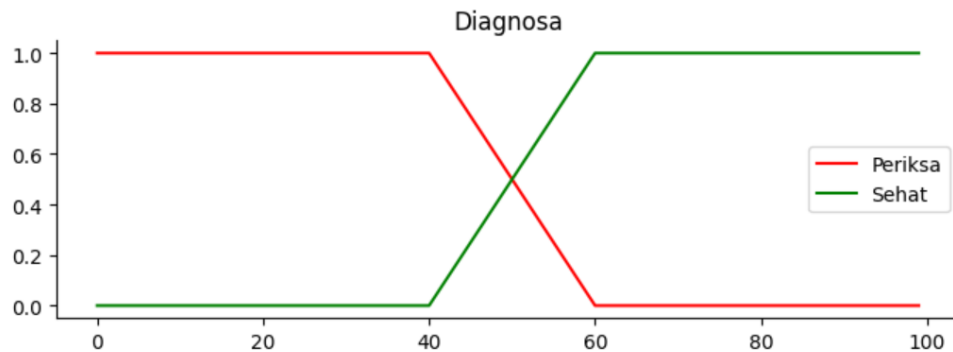
persamaan 2.6, dan untuk kurva linier turun didapatkan dari perhitungan persamaan 2.7.

Persamaan Fungsi Keanggotaan :

$$\mu_{Rendah}[y] = \begin{cases} 0, & y \geq 95 \\ \frac{95-y}{95-90}, & 90 < y < 95 \\ 1, & y \leq 90 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$\mu_{Normal}[y] = \begin{cases} 0, & y \leq 90 \\ \frac{y-90}{95-90}, & 90 < y < 95 \\ 1, & y \geq 95 \end{cases} \quad (3.9)$$

4. Parameter *Output* Diagnosa (*z*)



Gambar 3. 10 Fungsi Keanggotaan Diagnosa

Pada Gambar 3.10 menunjukkan fungsi keanggotaan diagnosa yang didalamnya terdapat parameter periksa dan sehat. Pada grafik tersebut, sumbu *y* menunjukkan nilai keanggotaan, sedangkan sumbu *x* menunjukkan nilai *fuzzy*. Kemudian untuk persamaan fungsi keanggotaan dari masing-masing parameter ditunjukkan pada persamaan 3.10, dan 3.11. Untuk kurva linier naik didapat dari perhitungan berdasarkan persamaan 2.6, sedangkan untuk kurva linier turun didapatkan dari perhitungan persamaan 2.7.

Persamaan Fungsi Keanggotaan :

$$\mu_{Periksa}[z] = \begin{cases} 0, & z \geq 60 \\ \frac{60-z}{60-40}, & 40 < z < 60 \\ 1, & z \leq 40 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$\mu_{Sehat}[z] = \begin{cases} 0, & z \leq 40 \\ \frac{z - 40}{60 - 40}, & 40 < z < 60 \\ 1, & z \geq 60 \end{cases} \quad (3.11)$$

3.7.2 Rule Base

Setelah didapatkan nilai keanggotaan, diperlukan aturan-aturan untuk mengelola data nilai keanggotaan untuk mendapatkan *output* yang sesuai. Tabel 3.3 memudahkan untuk memahami kombinasi input dan output yang terkait dengan tiap kondisi *fuzzy*.

Tabel 3. 3 Fuzzy Rule Base

No.	IF			THEN
	Gula darah (W)	Detak Jantung (X)	Saturasi Oksigen (Y)	Diagnosa (Z)
1	Rendah	Rendah	Rendah	Periksa
2	Rendah	Rendah	Normal	Periksa
3	Rendah	Normal	Rendah	Periksa
4	Rendah	Normal	Normal	Periksa
5	Rendah	Tinggi	Rendah	Periksa
6	Rendah	Tinggi	Normal	Periksa
7	Normal	Rendah	Rendah	Periksa
8	Normal	Rendah	Normal	Periksa
9	Normal	Normal	Rendah	Periksa
10	Normal	Normal	Normal	Sehat
11	Normal	Tinggi	Rendah	Periksa
12	Normal	Tinggi	Normal	Sehat
13	Sedang	Rendah	Rendah	Periksa
14	Sedang	Rendah	Normal	Periksa
15	Sedang	Normal	Rendah	Periksa
16	Sedang	Normal	Normal	Sehat
17	Sedang	Tinggi	Rendah	Periksa
18	Sedang	Tinggi	Normal	Sehat
19	Tinggi	Rendah	Rendah	Periksa
20	Tinggi	Rendah	Normal	Periksa
21	Tinggi	Normal	Rendah	Periksa
22	Tinggi	Normal	Normal	Periksa
23	Tinggi	Tinggi	Rendah	Periksa

No.	IF			THEN
	Gula darah (W)	Detak Jantung (X)	Saturasi Oksigen (Y)	Diagnosa (Z)
24	Tinggi	Tinggi	Normal	Periksa

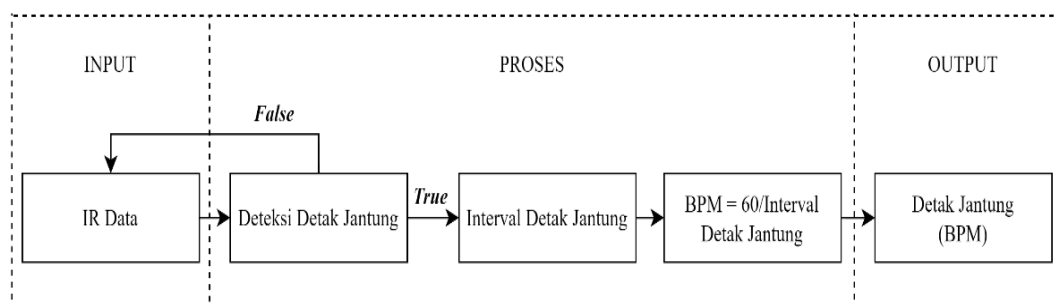
Pada Tabel 3.3, tiap baris mewakili satu kondisi *fuzzy*, dan tiap kolom mewakili parameter input atau *output* yang terkait dengan tiap kondisi *fuzzy* tersebut. Dimana gula darah sewaktu diwakilkan oleh w , detak jantung diwakilkan oleh x , saturasi oksigen diwakilkan oleh y , sedangkan untuk *output* diwakilkan oleh variabel z .

3.8 PENGOLAHAN DATA

Agar data gula darah, saturasi oksigen, dan detak jantung dapat dibaca pengguna, maka diperlukan tahapan pengelolaan data. Pengolahan data yang dimaksud ialah mengolah data mentah pembacaan sensor untuk mendapatkan nilai parameter pengukuran.

3.8.1 Pengolahan Data Sensor

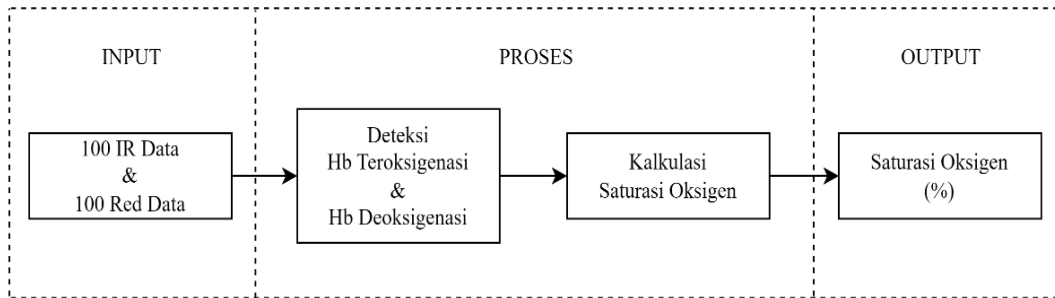
Untuk melakukan pembacaan data oleh sensor MAX30102 dilakukan dengan metode PPG *reflectance* dengan memancarkan cahaya inframerah yang kemudian pantulan tersebut akan dibaca pada *photodiode*, dimana respon nilai data yang terukur akan sebanding dengan perubahan kadar gula dan sirkulasi darah pada permukaan kulit yang dijadikan titik ukur, dalam hal ini berupa permukaan jari. Kemudian data tersebut diolah oleh mikrokontroler.



Gambar 3. 11 Blok Diagram Pengolahan Data Detak Jantung

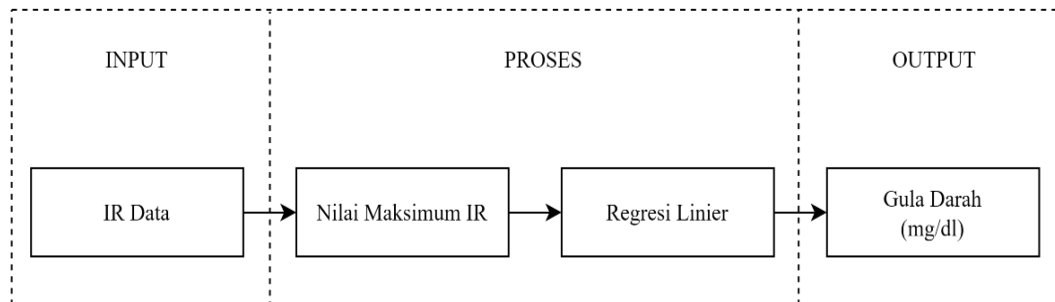
Pada Gambar 3.11 merupakan alur bagaimana data sensor diolah oleh mikrokontroler untuk mendapatkan nilai detak jantung. Dimulai dari pengambilan data pembacaan cahaya *Infrared* (IR), kemudian data tersebut dilakukan deteksi

detak jantung, kemudian dicari interval antar detak jantung yang terdeteksi. Sehingga bisa dilakukan kalkulasi *Beat Per Minute* (BPM) dari detak jantung.



Gambar 3. 12 Blok Diagram Pengolahan Data Saturasi Oksigen

Pada Gambar 3.12 merupakan alur pengolahan data untuk mendapatkan nilai saturasi oksigen. Pertama dilakukan pengambilan 100 data pembacaan cahaya IR dan 100 data pembacaan cahaya *red* (merah). Kemudian dari data tersebut dilakukan deteksi jumlah hemoglobin teroksigenasi dan hemoglobin deoksigenasi, untuk selanjutnya dilakukan kalkulasi saturasi oksigen yang merupakan presentase perbandingan antara hemoglobin teroksigenasi dengan hemoglobin deoksigenasi.



Gambar 3. 13 Blok Diagram Pengolahan Data Gula Darah

Pada Gambar 3.13 tersaji alur pengambilan data gula dara. Untuk pengambilan data gula darah menggunakan data penangkapan cahaya IR, dimana akan menggunakan nilai pembacaan maksimal dari IR. Setelah didapatkan nilai IR maksimum, data tersebut dimasukan ke dalam persamaan regresi yang dibuat, untuk mendapatkan nilai kadar gula darah.

3.8.2 Klasifikasi Kondisi Kesehatan Dengan *Fuzzy Tsukamoto*

Setelah didapatkan data gula darah, saturasi oksigen, dan detak jantung. Dilakukan perhitungan nilai keanggotaan dari masing-masing variabel pengukuran,

yang kemudian dimasukkan kedalam FIS untuk mendapatkan diagnosa kondisi kesehatan penderita diabetes melitus berdasarkan *rulebase* yang diterapkan.

3.8.3 Menampilkan Hasil dan Rekomendasi

Setelah data dikelola dan didapat nilai pengukuran dari parameter kadar gula darah, saturasi oksigen, detak jantung, serta skala kondisi kesehatan dan rekomendasi tindakan. Selanjutnya data tersebut akan ditampilkan pada layar OLED agar dapat dilihat pengguna secara langsung, serta diunggah ke *platform* Telkom IoT sebagai data *logger*.

3.9 METODE PENGUJIAN

Data pengujian diambil dari 5 orang sukarelawan yang bersedia untuk diambil sampel gula darah sewaktu, detak jantung, dan saturasi oksigen, menggunakan alat yang dibuat serta menggunakan alat ukur pembanding. Pada penelitian ini terdapat beberapa pengujian:

1. Pengujian Akurasi dan Presisi Sensor

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan nilai pengukuran sensor dengan nilai referensi (alat ukur pembanding), menghitung perbedaan di antara keduanya untuk menilai akurasi sensor. Pengujian presisi dilakukan dengan mengukur objek atau sampel yang sama beberapa kali oleh sensor dan menghitung standar deviasi dari hasil pengukuran tersebut untuk menilai presisi sensor.

2. Pengujian *Fuzzy Interference System*

Pengujian FIS dilakukan dengan cara membandingkan *output* dari sistem yang dibuat, dengan *output* dari hasil perhitungan. Hasil tersebut dibandingkan untuk mendapatkan nilai *error* dan akurasi sistem FIS.

3. Pengujian Pengiriman Data dan *Packet Length*

Pengujian pengiriman data dan *packet length* dilakukan dengan menggunakan *software* Wireshark. Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa bagaimana pengiriman data menggunakan protokol MQTT bekerja serta untuk mengetahui seberapa besar paket atau ukuran data yang dikirimkan oleh perangkat ke platform.