

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kondisi Kesehatan Tubuh**

Kondisi kesehatan tubuh yaitu menyatakan keadaan tubuh seseorang, kondisi tubuh sehat merupakan dambaan bagi semua orang. Pada penelitian Jenny dan Retasari [14] sehat menurut *World Health Organization* (WHO) adalah suatu keadaan kondisi fisik, mental dan kesejahteraan sosial yang merupakan satu kesatuan dan bukan hanya bebas dari penyakit atau kecacatan. Menurut Undang – Undang di Indonesia yaitu UU Pokok Kesehatan No. 9 Tahun 1960 pada Bab I Pasal 2 menjelaskan makna dari kata sehat merupakan keadaan yang meliputi kesehatan jasmani, rohani, dan sosial, yang artinya bukan hanya terbebas dari penyakit, kecacatan, atau kelemahan.

Penentuan kesehatan dapat dilakukan dengan pemeriksaan atau pemantauan tanda – tanda vital. Berdasarkan pemantauan tanda – tanda vital, nilai dari hasil pemantauan yang didapat harus berada pada rentang yang dianjurkan agar tidak memerlukan tindakan medis. Tindakan yang dimaksud dalam konteks hubungan dokter dan pasien dapat dipersempit sebagai dilakukannya terapi non farmakologis kepada pasien. Ini dapat berupa penjahitan luka, pengangkatan appendix, operasi, pencucian luka atau borok dan lain – lain. Hampir Sebagian besar tindakan kedokteran adalah bagian dari ilmu bedah.

Untuk istilah medis lain yaitu indikasi, indikasi merupakan kondisi yang menyebabkan dilakukan sebuah terapi, tindakan, atau pemeriksaan penunjang. Indikasi dapat juga merupakan sebuah tanda yang membawa pada kesimpulan klinis atau diagnosis tertentu. Sebagai contoh, yaitu suhu tubuh diatas 39 derajat Celcius adalah indikasinya diberikan Parasetamol sebagai terapi [15].

#### **2.2 Pemeriksaan atau Pemantauan Tanda - Tanda Vital**

Pemeriksaan atau pemantauan tanda – tanda vital merupakan pengukuran fungsi tubuh yang paling dasar yang dilakukan untuk mengetahui tanda klinis dan berguna untuk memperkuat diagnosis suatu penyakit dan berfungsi dalam

menentukan perencanaan perawatan medis yang sesuai. Tanda – tanda vital di tubuh dapat dikatakan sebagai tolak ukur untuk melihat kondisi kesehatan secara umum. Detak jantung, suhu tubuh, tekanan darah dan kadar oksigen dalam darah merupakan tanda-tanda vital yang secara rutin diperiksa dan dipantau [1] [2]. Nilai normal dari tanda – tanda vital tersebut berbeda – beda pada setiap individu berdasarkan usia dan jenis kelamin.

### 2.2.1 Usia

Usia berdasarkan depkes RI (2009) adalah satuan waktu yang mengukur waktu keberadaan suatu benda atau makhluk, baik yang hidup maupun yang mati. Semisal, umur manusia dikatakan lima belas tahun diukur sejak dia lahir hingga waktu umur dihitung [16]. Berikut kategori usia menurut Depkes RI (2009):

Tabel 2.1 Katergori Usia

<b>Kategori Usia</b>	<b>Rentang Tahun</b>
Masa Balita	0 - 5
Masa Kanak – Kanak	5 – 11
Masa Remaja Awal	12 – 16
Masa Remaja Akhir	17 – 25
Masa Dewasa Awal	26 – 35
Masa Dewasa Akhir	36 – 45
Masa Lansia Awal	46 – 55
Masa Lansia Akhir	56 – 65
Masa Manula	>60

### 2.2.2 Jenis Kelamin

Jenis kelamin mempengaruhi detak jantung, suhu tubuh dan tekanan darah. Denyut nadi pada perempuan lebih tinggi dibanding dengan laki – laki [17]. Suhu tubuh laki – laki lebih tinggi dari pada perempuan karena ada pengaruh dari hormon testosterone pada pria yang lebih tinggi yang dapat meningkatkan laju metabolisme [18]. Jenis kelamin juga merupakan faktor yang mempengaruhi tekanan darah.

Berdasarkan penelitian Wahyuni dan Eksanoto (2013), perempuan cenderung menderita hipertensi daripada laki – laki [19].

### 2.2.3 Detak Jantung

Detak / denyut jantung adalah debaran yang dikeluarkan oleh jantung dan akibat dari aliran darah melalui jantung dan denyut jantung manusia normal berkisar 60 – 100 denyut per menit untuk dewasa (BPM) [11]. Detak jantung tidak sehat terbagi menjadi dua klasifikasi yaitu bradikardia dan takikardia. Bradikardia istilah untuk denyut jantung kurang dari 60 yaitu detak jantung yang terlalu lambat.

Pada sebagian orang denyut jantung kurang dari 60 bpm tidak menimbulkan gejala apapun, namun sebagian orang lainnya denyut jantung kurang dari 60 merupakan tanda masalah sistem kelistrikan pada jantung. Denyut jantung melebihi 100 bpm merupakan istilah dari takikardia yaitu kondisi Ketika detak jantung berdetak lebih cepat pada saat istirahat. Takikardia dapat menyebabkan denyut jantung memiliki ritme yang abnormal serta serangan jantung [1].

Pengukuran detak jantung sering diambil di bagian pergelangan tangan dan variasi detak jantung menyesuaikan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh. Pengukuran detak jantung manusia berdasarkan usia dapat dilihat pada tabel sebagai berikut [20].

Tabel 2.2 Jumlah Detak Jantung Permenit Berdasarkan Usia

Usia	Minimal (bpm)	Maksimal (bpm)	Rata – rata (bpm)
Baru Lahir	100	180	140
1 bulan – 1 tahun	80	160	120
1 tahun – 3 tahun	80	130	105
3 tahun – 6 tahun	80	120	100
6 tahun – 12 tahun	65	100	83
12 tahun – 18 tahun	60	90	85
19 tahun – 69 tahun	60	100	80
> 70 tahun	60	100	80

### 2.2.4 Suhu Tubuh

Suhu tubuh adalah perbedaan antar jumlah panas yang diproduksi oleh proses tubuh dan jumlah panas yang hilang kelingkungan luar. Suhu tubuh mudah sekali berubah dan dipengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor eksternal maupun faktor internal. Perubahan suhu tubuh sangat erat kaitannya dengan produksi panas maksimal maupun pengeluaran panas yang berlebihan. Sifat perubahan panas tersebut sangat mempengaruhi masalah klinis yang dialami setiap orang, menurut WHO suhu tubuh normal manusia berkisar 36,5 - 37,5 °C [1] [2]. Pengukuran suhu tubuh manusia berdasarkan usia dapat dilihat pada Tabel 2 [20].

Tabel 2.3 Suhu Tubuh Manusia Berdasarkan Usia

Usia	Minimal (°C)	Maksimal (°C)	Rata – rata (°C)
Baru Lahir	35,5	37,5	36,5
1 bulan – 1 tahun	37,4	37,6	37,5
1 tahun – 3 tahun	37,4	37,6	37,5
3 tahun – 6 tahun	37	37,2	37,5
6 tahun – 12 tahun	37	37	37
12 tahun – 18 tahun	36,1	37	37
19 tahun – 69 tahun	36,1	37,2	36,65
> 70 tahun	35	37,2	37,2

### 2.2.5 Tekanan Darah

Tekanan Darah didefinisikan sebagai tekanan dari darah yang dipompa oleh jantung terhadap dinding arteri. Tekanan darah seseorang meliputi tekanan darah sistolik dan tekanan darah diastolik. Tekanan darah sistolik merupakan tekanan darah waktu jantung menguncup atau berkontraksi. Lain halnya dengan tekanan darah diastolik merupakan tekanan darah saat jantung istirahat. Tekanan darah umumnya diukur dengan alat yang disebut sphygmomanometer yaitu mengukur tekanan darah dalam unit yang disebut milimeter air raksa (mmHg) [21].

Pengukuran tekanan darah manusia berdasarkan usia dapat dilihat pada tabel berikut ini [22].

Tabel 2.4 Tekanan Darah Berdasarkan Usia

Usia	Sistole (mmHg)	Diastole (mmHg)
Baru Lahir	60 – 90	20 – 60
1 bulan – 1 tahun	75 – 100	50- 70
1 tahun – 3 tahun	80 – 100	55 – 80
3 tahun – 6 tahun	80 – 100	50 - 80
6 tahun – 12 tahun	110 – 110	60 – 70
12 tahun – 18 tahun	110 - 120	60 – 65
19 tahun – 69 tahun	110 – 140	60 – 90
> 70 tahun	120 – 140	70 – 90

Menurut JNC 7 (*The Sevent Report of The Joint National Committee*) klasifikasi tekanan darah untuk dewasa diatas 18 tahun yaitu sebagai berikut. [21].

Tabel 2.5 Klasifikasi Tekanan Darah

Klasifikasi Tensi	Sistolik (mmHg)	Diastolik (mmHg)
Normal	<120	Dan <80
Normal Tinggi/ Prehipertensi	120 - 139	Dan 80 - 89
Hipertensi Tingkat 1	140 - 159	Dan 90 - 99
Hipertensi Tingkat 2	>160	Dan >100

Beberapa penelitian menunjukkan prevalensi peningkatan tekanan darah terjadi sejalan dengan bertambahnya usia. Peningkatan tekanan darah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain usia, jenis kelamin, tingkat pendidikan, aktivitas fisik, faktor genetik (keturunan), asupan makanan, kebiasaan merokok, dan stress [23].

### 2.2.6 Kadar Oksigen Dalam darah atau Saturasi Oksigen

Informasi kadar kejenuhan oksigen dalam darah merupakan hal yang sangat penting untuk mengetahui kondisi kesehatan tubuh manusia. Pada masa kritis, kadar oksigen dalam darah dipantau secara intensif sebagai salah satu parameter melakukan tindakan medis [24]. Saturasi oksigen dalam darah ( $SpO_2$ ) normal untuk dewasa adalah 95 – 100% [25].

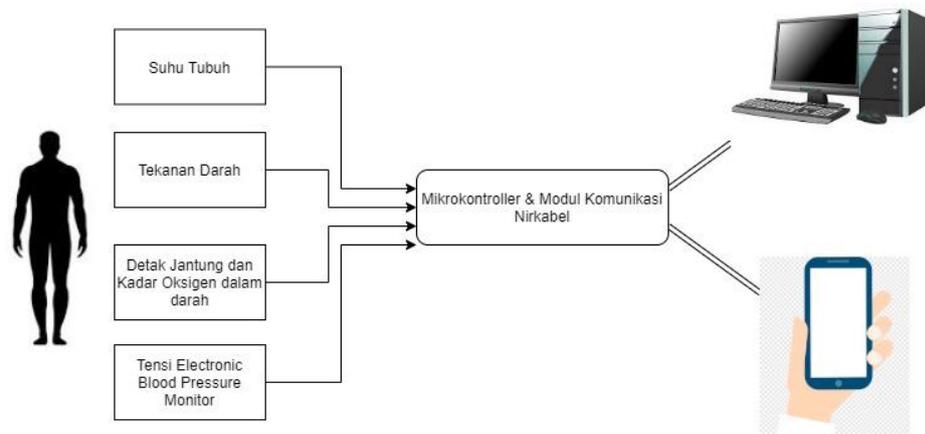
Tabel 2.6 Saturasi Oksigen

Normal	95 – 100%
Rendah	<95%

### 2.3 *Wireless Body Area Network (WBAN)*

Teknologi komunikasi nirkabel saat ini dapat dimanfaatkan untuk pemantauan terhadap parameter tertentu sebagaimana pada *wireless sensor network* (WSN) yang terdiri dari kumpulan sensor yang mengirimkan data melalui media gelombang radio. Salah satu cabang dari WSN yang secara spesifik berkaitan dengan sensor – sensor yang dipasang di dalam, dipermukaan, atau dikenakan oleh manusia adalah *wireless body area network* (WBAN) [6].

Sensor – sensor yang dapat mengirimkan data secara nirkabel ini dipasang dengan tujuan untuk meningkatkan berbagai layanan kesehatan dan juga meningkatkan kualitas hidup. Teknologi inilah disebut *wireless body area network* (WBAN). Sensor – sensor yang terpasang pada tubuh disebut nodes, dimana pengiriman data dari masing – masing node tersebut dilakukan dalam jarak dekat yaitu 2 – 10 meter. Untuk memonitor tanda – tanda vital pada tubuh, WBAN tersusun dalam arsitektur yang terdiri dari nodes, chip mikrokontroller, modul komunikasi nirkabel, dan perangkat – perangkat komunikasi data yang terhubung pada jaringan tertentu. Gambar 1 dibawah ini merupakan ilustrasi dari arsitektur WBAN [6].



Gambar 2.1 Arsitektur *Wireless Body Area Network* (WBAN)

#### 2.4 Sistem *Monitoring* WBAN berbasis Android

Teknologi *Wireless Body Area Network* (WBAN) sangat erat kaitannya dengan perkembangan *Internet of Things* (IoT), dimana berbagai perangkat komunikasi digital terhubung pada suatu jaringan internet sehingga pertukaran data menjadi jauh lebih mudah dilakukan dengan begitu luas penerapannya. Sistem *monitoring* WBAN berpotensi memberikan layanan *monitoring* kesehatan jarak jauh, program kebugaran, diagnosis penyakit kronis, dan sebagainya.

Sebagai tambahan, saat ini dengan perkembangan pesat ponsel cerdas (*smartphone*) juga turut mendukung pertumbuhan aplikasi – aplikasi jaringan sensor nirkabel yang terkait dengan kesehatan. Kemudian, dengan adanya *smartphone* fungsi pemantauan kesehatan dapat dilakukan dalam satu perangkat sekaligus [6]. Dimana android sendiri merupakan sebuah sistem operasi untuk perangkat *mobile* berbasis linux yang mencakup sistem operasi, middleware dan aplikasi. Android ini mempunyai sistem operasi *open source* yang berarti pengembang dapat berkreasi dalam membuat aplikasi [26].

#### 2.5 Sensor dalam *Monitoring*

Sensor merupakan sebuah detektor yang berfungsi untuk mengukur beberapa jenis kualitas fisik yang terjadi, seperti tekanan atau cahaya. Sensor akan menghasilkan sebuah sinyal yang nantinya dapat dibaca. Sebagian besar perangkat

elektronik yang berfungsi sebagai pengukur dan perekam dapat berkomunikasi dengan sensor. Sensor merupakan suatu elemen yang menghasilkan keluaran sesuai dengan variabel yang sedang di ukur atau tergantung input dari suatu variabel dan sistem pengukuran lain dapat menggunakan hasil dari sensor untuk mengenali nilai variabel [27]. Dalam hal ini, penulis menggunakan beberapa sensor dan peralatan yang digunakan untuk mendeteksi kesehatan tubuh antara lain:

Tabel 2.7 Sensor dan Peralatan yang digunakan untuk mendeteksi kesehatan

No.	Sensor dan Peralatan	Deskripsi
1.	NodeMCU ESP8266	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat <i>opensource</i>.</li> <li>2. NodeMCU terdiri dari perangkat keras berupa <i>System On Chip</i> ESP8266 dari ESP8266 buatan <i>Espressif System</i>, juga <i>firmware</i> yang digunakan, yang menggunakan Bahasa pemrograman <i>scripting</i> Lua.</li> <li>3. NodeMCU bisa dianalogikan sebagai board Arduino-nya ESP8266 yaitu NodeMCU telah me-package ESP8266 ke dalam board yang kompak dengan berbagai fitur layaknya mikrokontroller dan kapabilitas akses terhadap Wifi juga chip komunikasi USB to serial [28].</li> <li>4. Ukuran Board berukuran panjang 57 mm x 30mm [29].</li> </ol>
2.	Sensor MLX 90614	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sensor MLX 90614 merupakan thermometer inframerah yang digunakan mengukur suhu tanpa bersentuhan dengan objek.</li> </ol>

		<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Sensor ini menggunakan inframerah untuk mengukur atau mendeteksi radiasi panas (thermal) benda.</li> <li>3. Sensor ini menentukan suhu objek dengan cara mengetahui radiasi termal (radiasi hitam) yang dipancarkan oleh objek tersebut [30].</li> </ol>
3.	MPX 5050GP	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sensor ini digunakan untuk mengukur tekanan darah.</li> <li>2. Sensor ini berfungsi untuk mengukur tekanan darah menjadi sinyal listrik dengan menggunakan teknologi piezoresistive yang dibuat dari <i>monolithic silicon</i>.</li> <li>3. Sensor ini merupakan sensor yang tergolong akurat dengan akurasi 50 kPa dengan tekanan 0 – 300 mmHg dan bekerja pada tegangan 4,74 – 5,25 volt [22] .</li> </ol>
4.	MAX30100	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sensor ini merupakan integrasi dari pulse oximetry, sensor ini dapat melakukan pemantauan sinyal detak jantung dan tingkat oksigen dalam darah.</li> <li>2. Sensor ini terdiri dari 2 buah LED yaitu LED merah dan inframerah dan sebuah potodetektor [31].</li> <li>3. Untuk mengukur detak jantung, hanya cahaya inframerah yang dibutuhkan.</li> </ol>

		4. Untuk kadar oksigen dalam darah digunakan kedua cahaya merah dan cahaya inframerah [32].
5.	Liquid Crystal Display (LCD)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lcd adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama.</li> <li>2. Adapun fitur yang disajikan dalam lcd adalah: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.</li> <li>• Mempunyai 192 karakter tersimpan.</li> <li>• Terdapat karakter generator terprogram.</li> <li>• Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.</li> <li>• Dilengkapi dengan back light [33].</li> </ul> </li> </ol>
6.	Motor DC	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Motor DC pada penelitian ini digunakan untuk memompa tekanan udara.</li> <li>2. Motor DC adalah motor yang menggunakan sumber tegangan DC dan digunakan untuk tenaga listrik menjadi tenaga mekanis [34].</li> </ol>
7.	Solenoid	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Solenoid pada penelitian ini digunakan sebagai katub pembuka dan pembuang udara.</li> <li>2. Solenoid adalah alat yang digunakan untuk mengubah sinyal listrik atau arus listrik menjadi gerakan mekanis linear.</li> <li>3. Solenoid disusun dari kumparan dengan inti besi yang dapat bergerak [34].</li> </ol>

7.	Driver Motor DC (L298N)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modul driver motor L298N pada penelitian ini digunakan sebagai driver untuk motor dc dan solenoid ke mikrokontroller yaitu NodeMCU.</li> <li>2. Driver motor L298N merupakan driver yang paling banyak digunakan yang difungsikan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC.</li> <li>3. IC L298N merupakan sebuah IC tipe H-bridge yang mampu mengendalikan beban – beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor stepper. [35].</li> </ol>
----	-------------------------	---

## 2.6 Artificial Intelligence

Artificial Intelligence atau Kecerdasan Buatan merupakan salah satu bagian dari ilmu komputer yang dapat mempelajari bagaimana mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan manusia bahkan bisa lebih baik daripada yang dilakukan manusia [7]. Teknologi ini dapat membuat keputusan dengan cara menganalisis dan menggunakan data yang tersedia di dalam sistem. Proses yang terjadi dalam *Artificial Intelligence* mencakup *learning*, *reasoning*, dan *self-correction* [36].

## 2.7 Fuzzy Logic

*Fuzzy* secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar – samar. Suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu). Berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak). Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang

output, mempunyai nilai kontinyu. Kelebihan dari teori logika *fuzzy* adalah kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa (*linguistic reasoning*), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat [8]. *Fuzzy Inference System* merupakan sebuah kerangka kerja perhitungan berdasarkan konsep teori himpunan *fuzzy* dan pemikiran *fuzzy* yang digunakan dalam penarikan kesimpulan atau suatu keputusan [9].

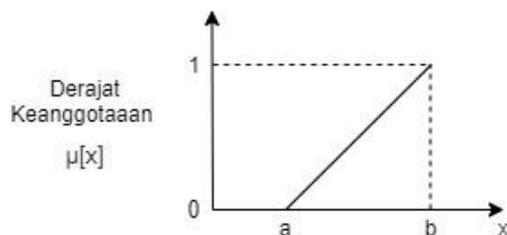
Beberapa komponen yang digunakan didalam logika *fuzzy* yaitu [13]:

1. Variabel *Fuzzy*, merupakan variabel yang dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.  
Contoh: umur, berat badan, panjang badan, dsb.
2. Himpunan *Fuzzy*, merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.
3. Semesta Pembicaraan, merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*.
4. Domain, merupakan keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.
5. Fungsi Keanggotaan, merupakan suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik – titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

Ada beberapa fungsi yang digunakan, yaitu:

a. Representasi Linear

Representasi linear merupakan pemetaan nilai input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai garis lurus [37]. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* linear, yaitu linear naik dan linear turun. Representasi himpunan *fuzzy* linear naik seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Representasi Linear Naik

Fungsi Keanggotaan :

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

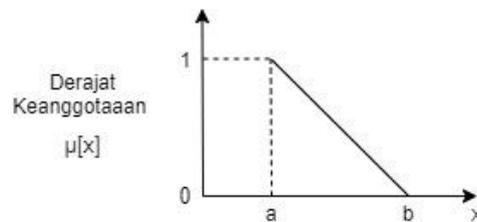
Keterangan :

$a$  = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

$b$  = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

$x$  = nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

Representasi himpunan fuzzy linear turun seperti gambar berikut.



Gambar 2.3 Representasi Linear Turun

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq b \\ \frac{(b-x)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \leq a \end{cases} \quad (2.2)$$

Keterangan:

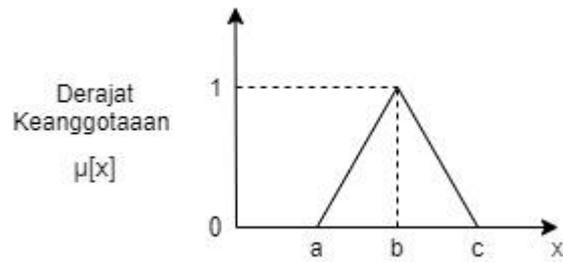
$a$  = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

$b$  = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

$x$  = nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

#### b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linear) seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.4 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

Keterangan:

$a$  = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

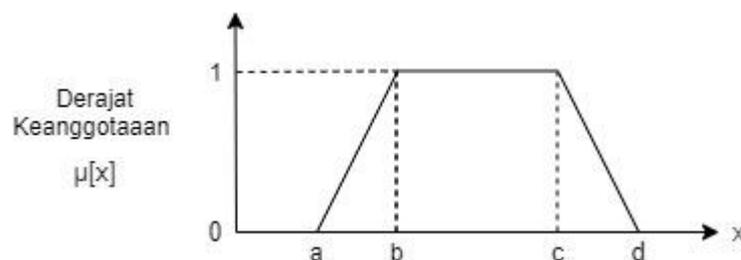
$b$  = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

$c$  = nilai domain yang terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

$x$  = nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

### c. Representasi Kurva Trapesium,

Representasi Kurva Trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga karena merupakan gabungan antara dua garis (linear), hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2.5 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$a$  = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

$b$  = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu

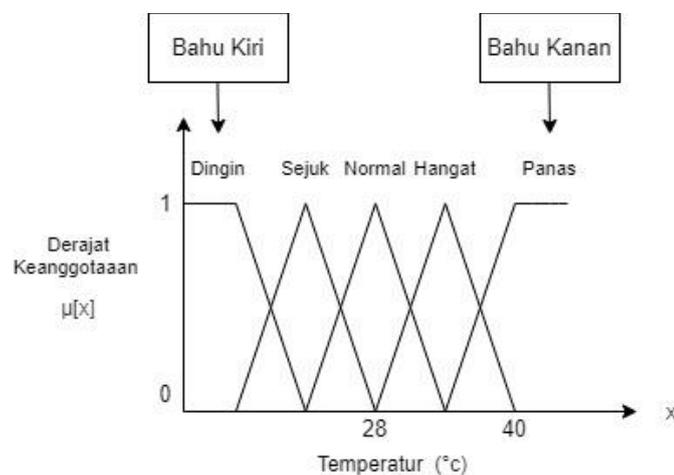
$c$  = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu

$d$  = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

$x$  = nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

#### d. Representasi Kurva Bahu

Representasi kurva bahu merupakan daerah yang terletak di tengah – tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Seperti contoh dibawah ini, dingin bergerak ke sejuk bergerak ke hangat dan bergerak ke panas. Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Sebagai contoh, apabila telah mencapai puncak kondisi panas, kenaikan temperature akan tetap berada paa kondisi panas. Himpunan *fuzzy* bahu, bukan segitiga digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy* [38].



Gambar 2.6 Representasi Kurva Bahu

## 2.8 Metode Fuzzy Mamdani

Metode *fuzzy* mamdani merupakan salah satu bagian dari *fuzzy inference system* yang berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti. Metode *fuzzy* mamdani dalam prosesnya menggunakan kaedah – kaedah linguistik dan memiliki algoritma *fuzzy* yang dapat dianalisis secara matematika, sehingga lebih mudah dipahami. Proses pengambilan keputusan dengan menggunakan metode *fuzzy* mamdani untuk memperoleh keputusan yang terbaik, dilakukan dengan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan *fuzzy*, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi [39].

### 2.8.1 Pembentukan Himpunan Fuzzy

Tahap pertama dari prosedur metode *fuzzy* mamdani adalah pembentukan himpunan *fuzzy* atau dikenal pula dengan istilah fuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan proses yang dilakukan dengan mengtransformasi input himpunan tegas (crisp) ke dalam himpunan *fuzzy*. Hal ini dilakukan karena input yang digunakan awalnya adalah dalam bilangan tegas (real) dari suatu himpunan tegas (crisp).

Himpunan *fuzzy* ini didasarkan pada tingkatan linguistiknya yang dikelompokkan dalam suatu variabel *fuzzy*. Sebagai contoh, untuk variabel *fuzzy* detak jantung mempunyai himpunan *fuzzy* sebagai berikut: lemah, normal dan cepat. Contoh lainnya seperti tinggi badan yang menjadi variabel *fuzzy* mempunyai himpunan fuzzy yaitu pendek, sedang dan tinggi [39].

### 2.8.2 Aplikasi Fungsi Implikasi

Tahap kedua dari prosedur metode fuzzy mamdani adalah penerapan fungsi implikasi. Fungsi implikasi merupakan struktur logika yang terdiri atas kumpulan premis dan satu konklusi. Fungsi implikasi berguna untuk mengetahui hubungan antara premis – premis dan konklusinya. Bentuk dari fungsi implikasi ini adalah dengan pernyataan *IF X is A THEN Y is B*, dengan *X* dan *Y* adalah skalar, serta *A* dan *B* adalah himpunan *fuzzy*. Dalam istilah logika *fuzzy*, proposisi yang mengikuti *IF* disebut dengan antisenden, sedangkan proposisi yang mengikuti *THEN* disebut

dengan konsekuen. Proposisi atau aturan *fuzzy* ini dapat diperluas dengan menggunakan penghubung *fuzzy AND* (interseksi).

Menurut Chen & Pham (2001), secara umum aturan *fuzzy* memiliki bentuk,

$$IF (X_1 \text{ is } A_1) \text{ AND } (X_2 \text{ is } A_2) \text{ AND } \dots \text{ AND } (X_n \text{ is } A_n) \text{ THEN } Y \text{ is } B \quad (2.5)$$

dimana, banyaknya  $n$  ditentukan berdasarkan jumlah dari variabel input *fuzzy* yang digunakan. Suatu proposisi ini digunakan untuk pembentukan keputusan atau menghasilkan output dari proposisi yang ditentukan. Penentuan proposisi ini dibentuk berdasarkan kriteria – kriteria yang telah ditentukan dengan penilaian yang sesuai dengan objek dan berdasarkan fakta yang diketahui. Setelah terbentuknya proposisi, selanjutnya adalah menentukan nilai keanggotaan berdasarkan aturan *fuzzy* yang telah dibentuk menggunakan fungsi implikasi Min. Pada fungsi implikasi Min, digunakan operator *AND* (interseksi).

Menurut Chen & Pham (2001), nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua himpunan atau lebih pada fungsi implikasi Min didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \alpha \text{ -predikat}_i &= \mu_{A_1}[x_1] \cap \dots \cap \mu_{A_n}[x_n] \\ &= \min (\mu_{A_1}[x_1], \dots, \mu_{A_n}[x_n]) \end{aligned} \quad (2.6)$$

dimana,  $i$  adalah aturan *fuzzy* ke –  $i$  [29].

Keterangan:

$\alpha \text{ -predikat}_i$  : Nilai minimum dari himpunan *fuzzy*  $A_1$  dan seterusnya sampai  $A_n$  pada aturan ke- $i$

$\mu_{A_1}[x_1]$  : Fungsi keanggotaan atau derajat keanggotaan  $x_1$  dari himpunan *fuzzy*  $A_1$  pada aturan ke- $i$

$A_n[x_n]$  : Fungsi keanggotaan atau derajat keanggotaan  $x_n$  dari himpunan *fuzzy*  $A_n$  pada aturan ke- $i$

### 2.8.3 Komposisi Aturan

Tahap ketiga dari prosedur metode *fuzzy* mamdani adalah komposisi aturan. Pada tahap ketiga ini, suatu prosedur dengan tujuan untuk menentukan inferensi dari kumpulan dan korelasi antar aturan menggunakan metode Max, dengan makna lain yaitu prosedur menggabungkan fungsi keanggotaan dari aturan aplikasi fungsi

implikasi. Solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke dalam output (keputusan akhir) dengan menggunakan operator OR (union). Aplikasi semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari setiap proposisi.

Menurut Ade Lahsasna (2010), proses penggabungan fungsi keanggotaan dengan menggunakan metode Max dilakukan dengan menggunakan perumusan:

$$\mu_{sf}(x_i) = \max (\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (2.7)$$

dengan  $\mu_{sf}(x_i)$  menyatakan nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i, ( $\mu_{kf}(x_i)$  menyatakan nilai keanggotaan konsekuensi *fuzzy* aturan ke-i [39].

#### 2.8.4 Defuzzifikasi

Tahap terakhir dari prosedur metode *fuzzy* mamdani adalah proses defuzzifikasi, namun pada penelitian ini tidak digunakannya proses defuzzifikasi. Proses defuzzifikasi dipergunakan untuk menafsirkan nilai keanggotaan *fuzzy* menjadi keputusan tertentu atau bilangan real. Hal ini berarti mengembalikan nilai besaran *fuzzy* menjadi nilai crisp (bilangan real), dan mengubah fuzzy output menjadi nilai crisp berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Proses defuzzifikasi ini perlu dilakukan, karena keputusan *fuzzy* atau output adalah tetap variabel linguistik dan variabel linguistik ini membutuhkan untuk dikonversikan ke dalam variabel crisp.

Input dari langkah defuzzifikasi adalah himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan *fuzzy*, sedangkan output, suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Oleh karena ini, apabila diketahui suatu himpunan *fuzzy* dalam suatu range tertentu, maka harus dapat diperoleh suatu nilai crisp (bilangan real) tertentu sebagai output atau hasil keputusannya. Salah satu metode yang dipergunakan dalam proses defuzzifikasi adalah defuzzifikasi dengan metode Centroid (titik pusat).

Metode ini memperlihatkan kondisi setiap daerah *fuzzynya*, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat. Metode centroid yaitu suatu metode dimana

semua daerah *fuzzy* dari hasil komposisi aturan digabungkan dengan tujuan untuk membentuk hasil yang optimal dan mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Prosedur defuzzifikasi dengan menggunakan Metode Centroid, yaitu menentukan moment (integral dari masing – masing fungsi keanggotaan dari komposisi aturan), menentukan luas, dan menentukan titik pusat.

Menurut Ross (2010), proses dalam menentukan titik pusat daerah *fuzzy* dilakukan dengan menggunakan perumusan:

$$z^* = \frac{\int_z \mu(z)z dz}{\int_z \mu(z)dz} \quad (2.8)$$

dengan  $z^*$  menyatakan nilai hasil defuzzifikasi / titik pusat daerah *fuzzy*,  $\mu(z)$  menyatakan nilai keanggotaan, dan  $\int_z \mu(z)z dz$  menyatakan momen untuk semua daerah hasil komposisi aturan. Luas untuk setiap daerah hasil komposisi aturan dapat diperoleh dengan cara mencari luas berdasarkan bentuk dari masing – masing daerah hasil komposisi aturannya, atau dapat pula dengan menggunakan integral, yaitu  $\int_z \mu(z)z dz$ . Nilai  $z^*$  merupakan nilai hasil dari proses defuzzifikasi, nilai ini merupakan hasil keputusan akhir, dan disesuaikan dengan variabel linguistik dari himpunan *fuzzy* yang telah ditentukan pada proses awal, yaitu pembentukan himpunan *fuzzy* [39].

## 2.9 Menghitung Tingkat Akurasi

Untuk mengetahui kinerja *fuzzy* mamdani dalam mengklasifikasi kondisi kesehatan tubuh adalah menghitung tingkat akurasinya. Menghitung tingkat akurasi dengan membandingkan data dari hasil pengujian metode *fuzzy* mamdani dengan data sebenarnya. Untuk menghitung tingkat akurasi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Akurasi (\%)} = \frac{\text{jumlah data yang sesuai}}{\text{jumlah seluruh data uji}} \times 100 (\%) \dots \dots (2.9) [40].$$

## 2.10 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

Tabel 2.8 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

Penulis (Tahun)	Judul	Algoritma	Metode Fuzzy Inference System (FIS)	Kelebihan	Kekurangan	Tujuan
I.Prayogo dkk [1] (2017)	Sistem Monitoring Denyut Jantung Dan Suhu Tubuh Sebagai Indikator Level Kesehatan Pasien Berbasis IOT (Internet Of Thing) Dengan Metode Fuzzy Logic Menggunakan Android	Algoritma Fuzzy Logic	Metode Fuzzy Mamdani	Metode fuzzy mamdani pada penelitian ini dapat berjalan dengan baik sesuai dengan rule yang ditentukan. Didapatkan hasil yang sesuai dengan himpunan yang ditampilkan sebagai keputusan.	Tidak dijelaskan dengan detail bagaimana metedologi fuzzy mamdani sebagai penentu keputusan. Tidak adanya perhitungan himpunan fuzzy mamdani.	Untuk mengetahui status kesehatan berdasarkan detak jantung dan suhu tubuh.
A.Rachma wati [10] (2017)	Fuzzy Logic Metode Mamdani Untuk Membantu Diagnosis Penyakit Diabetes Mellitus	Algoritma Fuzzy Logic	Metode Fuzzy Mamdani	Implementasi algoritma fuzzy logic metode mamdani berhasil diimplementasikan dalam diagnosis penyakit diabetes mellitus menggunakan dua variable yaitu kadar gula darah dan tekanan darah.	Pada penelitian ini ditampilkan gambar proses diagnosa berupa perhitungan matematika. Namun tidak dijelaskannya proses diagnosa tersebut.	Untuk membantu diagnosis penyakit diabetes mellitus.
Y.H. Hendratno	Alat Pendeteksi Status Kesehatan	Algoritma Fuzzy Logic	Metode Sensor Fusion,	Memberikan informasi komprehensif dan akurat.	Tidak dijelaskan tingkat akurasi	Untuk mendapatkan status kesehatan berdasarkan pengukuran

dkk [11] (2018)	Berbasis Metode Sensor <i>Fusion</i>				dan kesalahan relative dari metode sensor <i>fusion</i> .	tinggi badan, berat badan, detak jantung, tekanan darah, suhu tubuh dan kadar alkohol.
N.Febriany dkk [9] (2017)	Aplikasi Metode <i>Fuzzy Mamdani</i> Dalam Penentuan Status Gizi Dan Kebutuhan Kalori Harian Balita Menggunakan Software Matlab	Algoritma <i>Fuzzy Logic</i>	Metode <i>Fuzzy Mamdani</i>	Metode <i>fuzzy mamdani</i> memiliki rata rata kekeliruan sebesar 0,1075%, dengan kata lain tingkat akurasi tinggi. Informasi status gizi yang dihasilkan lebih kompleks.	Dengan menggunakan banyak variabel dan banyaknya himpunan <i>fuzzy</i> yang digunakan perhitungan lebih rumit.	Untuk membantu memnentukan status gizi dan kebutuhan kalori harian balita.
A.Citra Mutia dkk [12] (2017)	Review Penerapan <i>Fuzzy Logic Sugeno</i> Dan <i>Mamdani</i> Pada Sistem Pendukung Keputusan Prakiraan Cuaca Di Indonesia	Algoritma <i>Fuzzy Logic</i>	Metode <i>Fuzzy Sugeno</i> dan <i>Mamdani</i>	Hasil informasi yang ditampilkan metode <i>mamdani</i> lebih kompleks. Karena menggunakan banyak variabel. Tingkat akurasi pelatihan 70% dan akurasi pengujian di atas 70% untuk metode <i>mamdani</i> . Perhitungan metode <i>sugeno</i> lebih cepat dan Tingkat akurasi peramalan cuaca metode <i>sugeno</i> diatas 60%.	Perhitungan metode <i>mamdani</i> lebih rumit. Metode <i>Sugeno</i> hanya menggunakan sedikit variabel sehingga tidak membuat keputusan yang lebih akurat. Informasi yang dihasilkan hanya prediksi bukan data real untuk metode <i>sugeno</i> .	Untuk mengetahui prakiraan cuaca di Indonesia.
S. Nurmuslim ah [13] 2016	Aplikasi <i>Fuzzy Logic Mamdani</i> Untuk Perkembangan	Algoritma <i>Fuzzy Logic</i>	Metode <i>Fuzzy Mamdani</i>	Pada penelitian ini <i>fuzzy mamdani</i> berhasil menentukan status kesehatan anak dan	Pada penelitian ini diagram konteks sistem pengambilan	Untuk mengetahui status kesehatan dan memperoleh solusi kebutuhan kalori atau energi.

	Pertumbuhan Anak Berdasarkan BGM - KMS			menentukan solusi kebutuhan kalori atau energi. Meskipun terdapat perbedaan pembulatan angka di dalam perhitungan secara manual dengan perhitungan menggunakan sistem yang telah dibuat namun perbedaan nilai tersebut masih tergolong ke dalam kategori yang sama.	keputusan terlihat cukup rumit dan cukup panjang prosesnya.	
--	--	--	--	---	---	--