

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Umum

2.1.1 Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence)

AI atau biasa disebut dengan kecerdasan buatan didefinisikan sebagai kecerdasan yang ditujukan pada suatu entitas buatan, yang umumnya disebut dengan kecerdasan komputer, suatu kecerdasan yang di-*input* kan pada suatu mesin (komputer), agar dapat melakukan pekerjaan yang seperti dilakukan manusia. Bidang yang menerapkan sistem kecerdasan buatan adalah sistem pakar, *fuzzy logic*, permainan computer (game), robotika dan jaringan syaraf tiruan. Manfaat dari kecerdasan buatan yaitu dapat beroperasi layaknya manusia seperti pergerakan, perhitungan serta logika yang di terapkan dalam Bahasa komputer. Sebelum ditemukan Artificial Intelligence komputer hanyalah alat yang digunakan untuk menghitung saja, kemudian makin berkembangnya teknologi mulai dikembangkan berbagai macam fungsi dari komputer sebagai alat bantu semua pkesulitan bidang teknologi. Kecerdasan yang disesuaikan dengan algoritma yang membantu proses eksekusi sistem sehingga berfungsi dengan optimal (Nasution, 2020). Berjalannya perkembangan fungsi maka ditemukanlah bidang ilmu yang terkait dengan kecerdasan buatan (*fuzzy logic*, sistem pakar dan jaringan syaraf tiruan).

2.1.2 Logika *fuzzy*

merupakan suatu logika yang hasil kesimpulannya di ambil dari proses pemetaan yang telah di *inputkan* terlebih dahulu kedalam sistem, menurut Lotfi A Zadeh (1965) logika *fuzzy* digunakan untuk mengukur keberadaan suatu objek yang nilai validnya masih belum diketahui secara akurat atau bisa disebut dengan belum tentu benar (*false*) dan belum tentu salah (*true*). Karena konsep tersebut, banyak ilmuan yang menggali pendekatan untuk memnyelesaikan masalah tersebut dan diberi nama *fuzziness* dengan teori *fuzzy set theory* (Firman Arif & Misdrum, 2019)

2.1.3 Sistem pakar

Disebut juga dengan *Expert system* atau logika atau pemecahan masalah berdasarkan nilai valid dari pakarnya, sistem pakar adalah sistem yang diambil berdasarkan pengalaman atau pengetahuan yang sudah ada kemudian di terapkan kedalam komputer untuk menyelesaikan masalah. Sistem yang dibangun menggunakan Bahasa pemrograman yang diberikan aturan untuk bisa menerjemahkan maksud dari suatu permasalahan. Disebut sistem pakar karena kita menggunakan ilmu pengetahuan pakar tertentu supaya bisa memberikan aturan bahasa komputer pada implementasinya. (Kaswidjanti, 2011)

2.1.4 JST (jaringan syaraf tiruan)

Merupakan suatu logika yang memproses informasi menggunakan konsep biologi atau syaraf otak, aturan utama pada JST dengan menemukan pola algoritma baru pada proses informasi. Konsep kerja JST tergantung pada *parallel distributed processor* atau membuat pengetahuan baru disebut pengalaman supaya bisa digunakan, cara kerja JST sangat mirip dengan cara kerja otak manusia pada umumnya dengan proses pembelajaran dan pengetahuan tersebut disimpan pada *neuron (bobot sinaptik)* yang saling tersambung dengan yang lainnya. (Nasution, 2020)

2.1.5 Mesin Inferensi

Inferensi *fuzzy* yaitu metode atau mesin yang memproses data *input crips* dan melalui beberapa tahapan untuk mendapatkan *output crips*. Tahapan-tahapan tersebut yaitu:

1. Data *input*
2. Fungsi keanggotaan
3. *Rules* atau aturan-aturan *fuzzy*
4. Dekomposisi
5. *Output*

Tiga metode yang sering digunakan pada pada kasus sistem pakar terutama *fuzzy logic* yaitu:

1. Metode sugeno

Metode sugeno atau dengan nama lain yaitu *MAX-MIN* (Risanty et al., 2016) metode ini di kemukan oleh Yasushi Takagi (1985) dengan sebutan metode TSK (Takagi Sugeno dan Kang) metode ini mirip dengan metode mamdani, namun pada tahap defuzzifikasi nya metode ini berfokus pada nilai nilai rata-rata *output* pada *max-min* pemetaan, (Panjaitan, 2021)

2. Metode mamdani

Pada metode mamdani, variabel *input* dan *output* diterapkan lebih dari satu himpunan *fuzzy*, dengan berfokus pada fungsi implikasi min. dengan mengabaikan penalaran monoton jika sistem terdapat beberapa aturan dan mesin inferensi akan dikumpulkan dari antar korelasi aturan, proses defuzzifikasi mamdani memakai metode centroid atau mengambil titik pusat sebagai hasil dari *output* pemetaan. (Suprayitno & Sumitra, 2018)

3. Metode Tsukamoto

Metode yang memakai logika penalaran *monoton*, atau setiap aturan konsekuensi if-then harus ditunjukkan dengan suatu himpunan *fuzzy*, dan *output* inferensi dari tiap aturan diperoleh dengan tegas sesuai predikat. Hasil akhir dari metode ini didapat dengan mengambil nilai rata-rata terbobot. (Suprayitno & Sumitra, 2018)

2.1.6 Sepeda

Merupakan salah satu alat olahraga yang banyak digemari, mulai dari anak-anak hingga dewasa banak yang memilih untuk menggunakan sepeda, selain sebagai alat olahraga, bersepeda juga dapat meningkatkan sistem kekebalan dengan melindungi tubuh dari virus dan bakteri. Bersepeda juga bermanfaat untuk mengatasi masalah pada lutut, pinggang dan tulang belakang. Dan masih banyak lagi manfaat lainnya untuk Kesehatan jasmani (Qohhar, 2017).

Awal mula sepeda dikemukakan oleh seorang murid Leonardo da Vinci yaitu Gian Giacomo Caprotti sekitar tahun 1490-an, pada saat Gian menunjukkan hasil sketsa yang telah berhasil dia buat. Namun pada saat itu sketsa buatan Gian masih diragukan dan kemudian diteliti para ilmuwan dan sejarawan di Italia (Zamrodah, 2016).

Tahun 1817 (*Draisienne*). Diciptakan oleh Baron Karl von Drais dengan sebutan *Laufmaschine* (mesin berlari) dan dikenal dengan nama *Draisienne*. Terbuat dari kayu pada setiap perangkatnya. Memiliki stang pengemudi, tidak memiliki pedal sebagai media penggerakannya melainkan menggunakan kaki biasa layaknya bermain *skateboard* atau *otopet*. Kemudian Gian mematenkan hasil jerih payahnya pada tahun 1818 dan diberi nama *velocipede*. Pada 1839 Sepeda dengan roda pertama diciptakan oleh Kirkpatrick Macmillan, beliau merupakan seorang pandai besi asal Skotlandia. Pergerakan sepeda yang diciptakan mirip dengan kereta uap.

Tahun 1860-1865 (*bone shaker*) sepeda dengan pedal pertama yang diciptakan, namun terletak di roda bagian depan. Disebut *bone shaker* karena pada zaman dulu sepeda ini digunakan pada saat jalan masih berbatu yang membuat sepeda kurang stabil saat digunakan karena terkena guncangan dari bebatuan. Dan pada tahun 1868 James Moore memperkenalkan sepeda dengan ban dan bearing pertama kali pada saat diadakan lomba. Tahun 1870 (*Wheeler high*) Pertama kali dalam sejarah sepeda yaitu alat yang memiliki roda dua dan mendapat gelar *bicycle*. *High bicycle* memiliki roda belakang yang lebih kecil dari roda depan atau dengan sebutan *penny farthing*. Namun sepeda ini masih belum sempurna dalam penggunaannya karena dinilai berbahaya jika sepeda berhenti digerakkan mengingat bentuk sepeda yang cukup tinggi.

1874. H.J. Lawson mengemukakan pertama yang memiliki rantai. Kemudian pada tahun 1878, sebutan sepeda dikenal dengan sebutan *Portable*, yang artinya mudah dalam membawa atau memindahkan sepeda tersebut atau sepeda yang bisa dilipat yang diciptakan oleh W.H.J. Grouse dengan nama penemuannya yaitu *wheeler high portable*. Namun sebenarnya sepeda ini bukan sepeda lipat

sepenuhnya, melainkan sepeda bongkar pasang. Dan pada tahun 1885 (*safety bike*), Wujud sepeda modern sudah mulai Nampak pada tahun ini berkat John Kemp Starley yang memperkenalkan *rover* sebagai nama dari penemuan nya. Dan tahun 1893 (*folding*) Sepeda yang dilipat sesungguhnya ditemukan oleh Micheal B. Ryan dari amerika.

Pada rentang tahun 1900 – 1950, sepeda seperti hilang keberadaannya karena tersingkiran dengan penemuan alat transportasi mobil. Bahkan sepeda hanya diperuntukan sebagai alat bermain untuk anak-anak, namun Schwinn mempersembahkan sepeda dengan tampilan dan daya tahan yang cukup kuat yang diberi nama Cruiser di tahun 1933. Tahun 1960-1973 (*Race bike, BMX, Lowride*) California merupakan negara pertama yang mengadakan *motorcross* atau *BMX*, dan lowrider juga berkembang di tahun 1960 dengan bentuk super memiliki stang yang Panjang dan tinggi dan rangka *curvy*. Ditahun inilah sepeda balap mulai banyak di produksi. Kemudian pada tahun 1977 (sepeda gunung) Negara Amerika Serikat tepatnya di san fransisco, Memproduksi sepeda secara massal tahun 1981. James starley menciptakan jari-jari pada roda yang masih digunakan hingga kini. Namun pada tahun 1888 John Boyd Dunlop menemukan probosan sepeda baru dengan ukuran yang sama antara kedua ban dan dapat diisi angin. Pada era inilah perkembangan sepeda yang sangat maju.

2.2 Teori khusus

2.2.1 Fuzzy logic

2.2.1.1 Definisi *fuzzy logic*

Fuzzy pertama kali dikemukakan oleh prof, Lotfi A. Zadeh, universitas California. *Fuzzy* sendiri memiliki arti yaitu samar atau kejelasan yang belum pasti, atau suatu nilai yang bisa bernilai benar atau salah secara bersamaan, pada *fuzzy logic* dikenal dengan istilah derajat keanggotaan yang memiliki nilai 0 (no) hingga 1 (satu), dan himpunan tegas yaitu 0 atau 1 (benar atau salah). Logika *fuzzy* memiliki teori logika dengan nilai benar atau salah secara bersamaan, namun

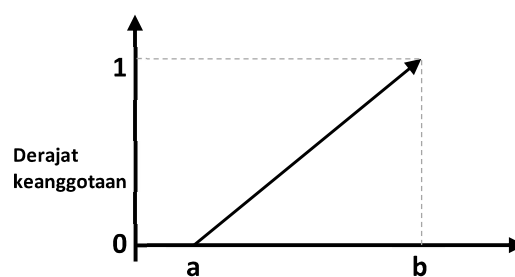
keberadaan benar atau salahnya tergantung pada semesta yang dimilikinya. Logika *fuzzy* diperuntukan menerjemahkan besaran yang diekspresikan menggunakan Bahasa linguistic, misalkan besaran pada massa dengan himpunan ringan, cukup berat, berat dan sangat berat, logika *fuzzy* memetakan sejauhmana suatu nilai dikatakan benar dan sejauh mana nilai dikatakan salah (Ayuningtias et al., 2017).

2.2.1.2 Fungsi keanggotaan *fuzzy logic*

Disebut juga kurva pemetaan titik *input* kedalam nilai keanggotaan atau biasa disebut dengan fungsi keanggotaan dengan interval 0 hingga 1, nilai keanggotaan didapat melalui pendekatan fungsi, diantaranya yaitu:

1. Kurva linier.

Sama halnya dengan namanya, linier berarti garis lurus, kurva ini merupakan kurva paling sederhana yang menjadi pilihan untuk memetakan konsep yang kurang jelas. Ada dua macam kurva pada derajat keanggotaan linier yaitu kurva yang bergerak dari derajat keanggotaan nol (0) dan bergerak kekanan menuju derajat yang lebih tinggi. Berikut gambar:



Gambar 2.1 kurva naik

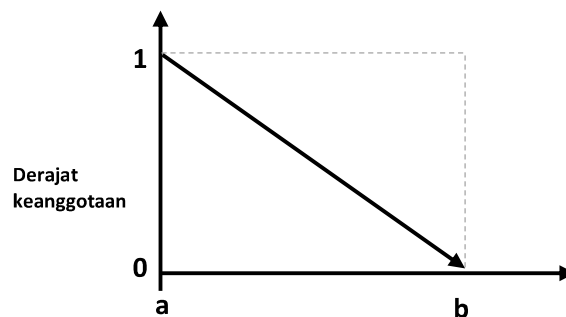
Sumber : Data penelitian (2022)

Persamaan kurva naik

$$\mu [x] = \begin{cases} 0 & ; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & ; & a \leq x \leq b \\ 1 & ; & x \geq b \end{cases} \quad \text{Rumus 2.1} \\ \text{persamaan kurva} \\ \text{naik}$$

Yang kedua yaitu kurva dengan nilai tertinggi disisi kiri atau derajat keanggotaan satu (satu) dan bergerak turun menuju nilai domain yang lebih rendah atau nol (0).

Berikut gambar:



Gambar 2.2 kurva turun

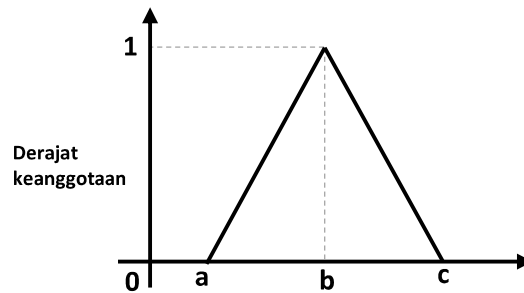
Sumber : Data penelitian (2022)

Persamaan kurva turun.

$$\mu [x] = \begin{cases} 1 & ; & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a} & ; & a \leq x \leq b \\ 0 & ; & x \geq b \end{cases} \quad \text{Rumus 2.2 persamaan} \\ \text{kurva turun}$$

2. Kurva segitiga

Kurva segitiga merupakan kurva yang didapat dari hasil gabungan antara kurva naik dan kurva turun, dengan nilai diantara dua atau tiga titik domain. Berikut gambar:



Gambar 2.3 kurva segitiga

Sumber : Data penelitian (2022)

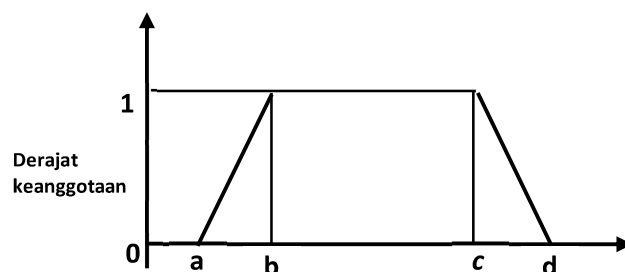
Persamaan kurva segitiga

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

Rumus 2.3 persamaan kurva segitiga

3. Kurva trapesium

Sebenarnya kurva ini sama halnya dengan kurva segitiga, namun ada titik yang memiliki derajat keanggotaan satu (1). Berikut gambar:



Gambar 2.4 kurva trapesium

Sumber : Data penelitian (2022)

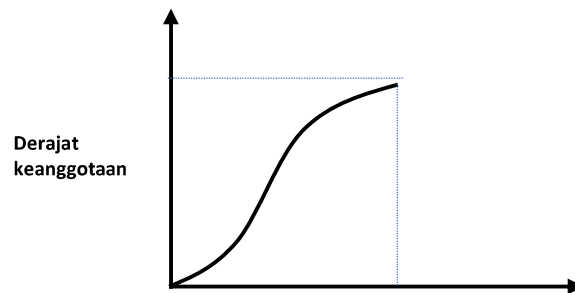
Persamaan kurva trapesium

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

Rumus 2.4 persamaan kurva trapesium

4. Kurva-S (sigmoid)

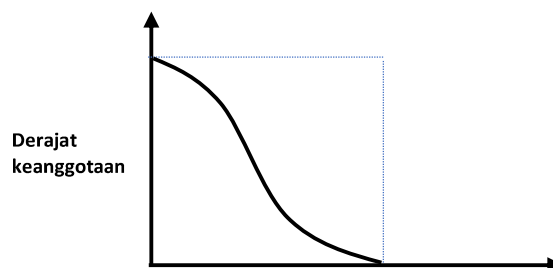
Ada 2 kurva tak linier yang berhubungan dengan pertumbuhan dan penyusutan naik dan turunnya kurva yang bergerak dari derajat keanggotaan rendah atau nol (0), ke derajat keanggotaan yang lebih tinggi atau satu (1) dari kiri ke kanan, dengan kurva yang bertumpu di titik 50% (infleksi). Berikut gambar kurva pertumbuhan:



Gambar 2.5 kurva S Pertumbuhan

Sumber : Data penelitian (2022)

Kurva sigmoid yang bergerak dari derajat keanggotaan yang tinggi atau satu (1) ke nilai yang rendah atau nol (0). Berikut gambar kurva penyusutan:

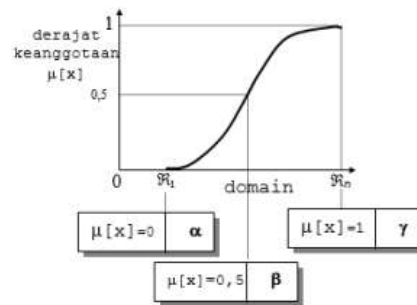


Gambar 2.6 kurva S Penyusutan

Sumber : Data penelitian (2022)

Kurva sigmoid digambarkan dengan 3 derajat keanggotaan yaitu, derajat keanggotaan nol (α) derajat keanggotaan lengkap (γ), dan *crossover* atau *infleksi* (β) yang memiliki nilai 50% benar.

berikut skema kurva sigmoid,



Gambar 2.7 kurva S Sigmoid

Sumber : Data penelitian (2022)

Persamaan kurva pertumbuhan sigmoid

$$\mu(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & ; x \leq \alpha \\ 2((x - \alpha)/(\gamma - \alpha))^2 & ; \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2((\gamma - x)/(\gamma - \alpha))^2 & ; \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & ; x \geq \gamma \end{cases}$$

Rumus 2.5 persamaan kurva pertumbuhan

Persamaan kurva penyusutan sigmoid:

$$\mu(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 1 & ; x \leq \alpha \\ 1 - 2((x - \alpha)/(\gamma - \alpha))^2 & ; \alpha \leq x \leq \beta \\ 2((\gamma - x)/(\gamma - \alpha))^2 & ; \beta \leq x \leq \gamma \\ 0 & ; x \geq \gamma \end{cases}$$

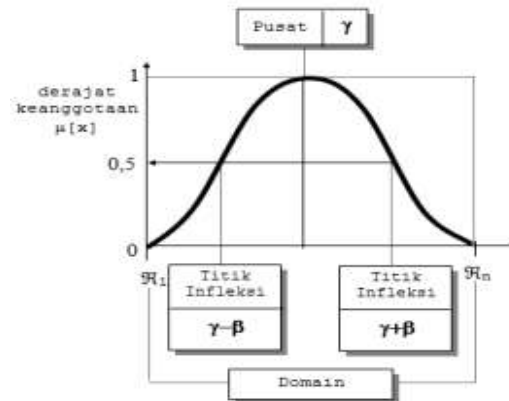
Rumus 2.6 persamaan kurva penyusutan

5. Derajat keanggotaan beta

Dilihat sekilas, kurva beta mirip seperti kurva sigmoid yang kita jelaskan diatas, namun yang menjadi pembedanya yaitu kurva beta memiliki 2 parameter

saja yang membuat pemetaan nya sedikit lebih rapat, yaitu domain yang memetakan pusat kurva (γ) dan domain yang memetakan setengah lebar kurva (β).

Gambar kurva beta:



Gambar 2.8 kurva Beta

Sumber : Data penelitian (2022)

Persamaan fungsi kurva beta,

$$\mu(x; \gamma, \beta) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - \gamma}{\beta}\right)^2}$$

Rumus 2.7 persamaan kurva beta

2.2.1.3 Komponen *fuzzy*

Beberapa komponen yang terdapat dalam logika *fuzzy* yaitu:

- Variable *fuzzy*, adalah masalah yang akan dibahas dalam sistem, contohnya: permintaan, perminatan, suhu umur dan masih banyak lagi.
- Himpunan *fuzzy logic*, kelompok yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dengan memakai Bahasa alami:
Ada 2 Atribut pada himpunan fuzzy adalah:

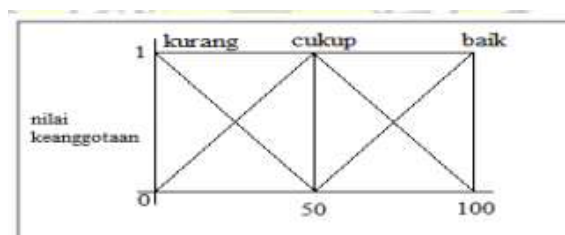
- Linguistic, adalah nama suatu kelompok yang mewakili keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan Bahasa alami. Contoh: TUA, MUDA. KERAS, LEMBUT dan banyak lagi
 - Numeris, merupakan angka untuk menunjukkan ukuran dari variable, seperti 30.60.70
- c. Semesta pembicara merupakan seluruh nilai yang dioperasikan, yang merupakan bilangan real yang makin naik (bertambah) dari kiri ke kanan. Kadang, nilai ini tidak dibatasi batas atasnya. Misalkan semesta pembicara pH air : (5-8)
- d. Domain yaitu semua nilai yang *diinput* dalam semesta pembicara yang dioperasikan dalam himpunan, domain merupakan bilangan real dengan semesta naik yang bersifat monoton dari kiri ke kanan.

2.2.1.4 Cara kerja logika *fuzzy*

Beberapa tahapan untuk mencapai *output* pada logika *fuzzy*. tahapan-tahapan pada logika *fuzzy* yaitu

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah cara untuk mengubah himpunan keanggotaan 1 adalah benar dan 0 adalah himpunan salah, karena nilai pada himpunan keanggotaan tidak terbatas dari 0, 0.1, 0.2 dan seterusnya, maka kita harus tau bagaimana cara mengubah nilai *input* biasa kedalam himpunan *fuzzy*, caranya yaitu mengubah nya dengan fungsi keanggotaan (*membership functions*).



Gambar 2.9 Fuzzyfikasi

Sumber : Data penelitian (2022)

Membership functions adalah kurva pemetaan yang menunjukkan titik *input* kedalam nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan dengan interval 0 hingga 1, derajat keanggotaan berfungsi mengelompokkan *input* berdasarkan variable linguistic

2. Interference engine/rules

Mesin penalaran/*rules* adalah proses implikasi nalar nilai masukan guna menentukan nilai keluaran, model penalaran yang sering dipakai adalah *max-min* (mamdani), proses pertama penalaran *max-min* yaitu melakukan operasi min pada lapisan fuzzifikasi, kemudian proses nilai *max* serta di defuzzifikasi untuk menentukan nilai keluaran.

Rules pada *fuzzy* merupakan suatu aturan relasi if-then atau jika-maka seperti berikut. If x adalah A and y adalah B kemudian Adan B adalah linguistik nilai yang didefinisikan dalam variable X dan Y. dimana X disebut premis dan Y disebut kesimpulan. (Firman Arif & Misdrum, 2019)

Sebagai contoh:

- If putaran kipas pelan then suhu ruangan panas
- If putaran kipas sedang then suhu ruangan hangat
- If putaran kipas cepat maka suhu ruangan dingin.

Ada beberapa metode dalam pengaplikasian mesin inferensi *fuzzy logic* yaitu:

a. Metode *Maximum (max)*

Solusi metode ini dengan cara memperoleh atau mengambil nilai tertinggi, kemudian nilai tersebut dimodifikasi dengan daerah hasil *fuzzy* dan mengaplikasikan dengan *output* menggunakan operator union (OR), Jika semua area sudah didapatkan, maka *outputnya* akan berisi himpunan *fuzzy* yang mewakili tiap proposisi.

Rumus dari metode *max* adalah

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max (\mu_{sf}[xi] , \mu_{kf}[xi]) \quad \text{Rumus 2.8 metode } max$$

dimana:

$\mu_{sf}[xi]$ = nilai keanggotaan *fuzzy* hingga ke-i

$\mu_{kf}[xi]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan hingga ke-i

Metode additive (sum)

Metode ini menggunakan solusi dengan melakukan bounded-sum terhadap semua *output* daerah *fuzzy*, yang dituliskan :

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max (1, \mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi]) \quad \text{Rumus 2.9 Metode } Sum$$

maka:

$\mu_{sf}[xi]$ = nilai keanggotaan *fuzzy* hingga ke-i

$\mu_{kf}[xi]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan hingga ke-i

b. Metode OR (probabilistic)

solusi yang dimiliki metode ini yaitu dengan melakukan product pada semua daerah. Secara umum:

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max (\mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi]) - (\mu_{sf}[xi] * \mu_{kf}[xi]) \quad \text{Rumus 2.10 Metode } OR$$

dimana :

$\mu_{sf}[xi]$ = nilai keanggotaan *fuzzy* hingga ke-i

$\mu_{kf}[xi]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan hingga ke-i

3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses mengubah setiap hasil dari rules yang telah dibuat sebelumnya. Maka akan didapat nilai logika tegas yaitu 0 dan

1. Proses pemetaan menggunakan sejumlah rules dengan mengubah

variabel-variabel menjadi hasil *fuzzy*. metode yang dapat digunakan pada proses kesimpulan *output* yaitu mamdani.

a. Defuzifikasi centroid

Metode dengan mengandalkan pusat gravitasi himpunan sepanjang sumbu x. yaitu titik yang ada di sepanjang sumbu x memiliki keseimbangan dengan area sebelah kanan.

Untuk semesta kontinyu yaitu,

$$Z^* = \frac{\int_a^n z\mu(z)dz}{\int_a^n \mu(z)dz}$$

Rumus 2.11
Semesta kontinyu

Untuk semesta diskrit

$$Z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j\mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)}$$

Rumus 2.12 semesta
diskrit

b. Defuzzifikasi bisector

Menggunakan garis vertical, yaitu garis yang membagi himpunan *fuzzy* menjadi dua area yang sama luas, metode ini hamper mirip dengan metode cetroid.

$$\int_a^z \mu(z)dz = \int_a^\beta \mu(z)dz$$

Rumus 2.13
Defuzzyfikasi Bisektor

Dimana

$$\alpha = \min \{z \mid z \in Z\}$$

$$\beta = \max \{z \mid z \in Z\}$$

Dalam fuzzy logic juga mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan, yaitu

1. Konsepnya yang mudah untuk dipahami, yaitu konsep yang matematis dengan mendasari penalaran logika.
2. konsep yang sangat fleksibel.
3. Memiliki toleransi pada nilai-nilai yang kurang akurat.
4. Mampu memodelkan fungsi-fungsi non-linear yang lebih kompleks.
5. Logika yang dapat mengaplikasikan dan membangun pengalaman-pengalaman para pakar tanpa harus pelatihan terlebih dahulu.
6. Logika yang mampu bekerja sama dengan Teknik kendali secara konvensional.
7. Logika yang didasarkan dari Bahasa alami.

Sedangkan Kekurangan pada *fuzzy logic* yaitu:

1. Belum ada metode umum pengembangan dan pengendalian pada implementasinya.
2. Kursus atau pelatihan Pendidikan yang masih sedikit serta buku yang menjangkau setiap tingkat Pendidikan masih terbatas.
3. Banyak yang tidak mengenal teori kendali logika *fuzzy*, bahkan secara Teknik praktis mereka memiliki pengalaman untuk menggunakan teknologi yang sudah ada.
4. Belum terdapat pengetahuan sistematis yang baku dan seragam mengenai metodologi pemecahan masalah yang menggunakan logika *fuzzy*.

2.2.1.5 Operator *Fuzzy logic*

Ada beberapa operator zadeh pada *fuzzy* yang dapat di modifikasi serta dikombinasikan dari beberapa operator sekaligus, nilai keanggotaan dari hasil

operasi dinamakan *fire strength* atau α = predikat. Logika *fuzzy* memiliki beberapa operator diantaranya:

a. Operator AND

Operator ini disebut juga dengan *intersection*. Operator AND berarti α = predikat yang didapat dari hasil nilai keanggotaan minimal (terkecil) diantara himpunan A dan himpunan B, maka:

$$\mu A \cap B = \min (\mu A (x), \mu B (y))$$

b. Operator OR

Merupakan operator yang disebut *union*, yaitu α = predikat yang didapat dari nilai keanggotaan *max* (terbesar) antara kedua himpunan A dan B. maka,

$$\mu A \cup B = \max (\mu A (x), \mu B (y))$$

c. Operator NOT

Operator NOT atau *complement* yaitu operator yang didapat dari α = predikat yang diperoleh dari selisih antara nilai 1 terhadap nilai keanggotaan. maka,

$$\mu A = 1 - \mu A (x)$$

2.2.2 Mesin inferensi

2.2.2.1 Metode mamdani

Pada metode mamdani, variabel *input* dan *output* diterapkan lebih dari satu himpunan *fuzzy*, dengan berfokus pada fungsi implikasi min. dengan mengabaikan penalaran monoton jika sistem terdapat beberapa aturan dan mesin inferensi akan dikumpulkan dari antar korelasi aturan, proses defuzzifikasi mamdani memakai metode centroid atau mengambil titik pusat sebagai hasil dari *output* pemetaan. (Jufriadi et al., 2020)

Untuk mendapatkan *output* dengan hasil mamdani, tahapan-tahapannya adalah

- a. Pembentukan variabel *input* dan variabel *output*, yang dibuat dalam satu himpunan fuzzy atau lebih.
- b. Penerapan fungsi implikasi. Yang digunakan pada penelitian ini adalah fungsi implikasi min.
- c. Komposisi *rules* (aturan). Inferensi akan didapat dari kumpulan korelasi antar aturan, penalaran tidak monoton jika sistemnya terdiri lebih dari satu aturan,
- d. Defuzzifikasi (penegasan). Untuk mendapatkan nilai crisp dari himpunan, pada mamdani digunakan metode *centroid (composite moments)* dengan pengambilan nilai titik pusat daerah fuzzy.

$$z^* = \frac{\int_a^n z \mu(z) dz}{\int_a^n \mu(z) dz}$$

Rumus 2.14 Defuzzifikasi komposit

2.2.3 Sepeda

Ada banyak sepeda dengan berbagai tipe dan harga Berikut adalah bebrapa sepeda yang dijual di pasaran.

1. Sepeda BMX (bicycle motorcross)

Sepeda BMX atau bike motorcross, huruf X didapat dari kata cross atau tanda silang merupakan salah satu sepeda yang banyak digunakan oleh anak remaja yang aktif dan masa pertumbuhan, karena sepeda jenis ini digunakan untuk atraksi atau sepeda dengan medan ekstrim. (Zamrodah, 2016)

Karena fleksibilitasnya yang cukup tinggi dan ketahanannya yang cocok di berbagai medan, banyak yang menggunakan sepeda ini untuk unjuk gigi freestyle sepeda yang banyak dilombakan di berbagai daerah sepeda ini kuat dan ringan dan tidak mudah rusak serta perawatannya yang tidak terlalu rumit. Namun sepeda ini memiliki tempat duduk yang kurang nyaman karena sepeda ini dipakai sambil berdiri. Harga sepeda tipe ini kisaran 1 jutaan.



Gambar 2.10 Sepeda BMX

Sumber : hobigowes.com

2. Sepeda lipat

walaupun memiliki ukuran yang cukup mungil, sepeda ini juga kuat menopang beban berat, sesuai dengan namanya, sepeda lipat (*folding bike*) atau biasa disebut dengan nama *seli* (sepeda lipat). Sepeda ini juga banyak diminati masyarakat. Sepeda jenis ini banyak digunakan karena praktis, dapat dibawa dengan mudah dan mudah menyimpannya bahkan di dalam mobil sekalipun, namun jenis ini digunakan untuk olahraga ringan dan medan datar, karena struktur sepedanya yang kurang kokoh, sepeda ini kurang pas jika dibawa di medan berbatu dan kencang. Sepeda ini banyak diminati karena bentuknya yang unik dan nyaman serta penggunaannya yang mudah dan praktis. Namun harga sepeda ini cukup mahal dari jenis lainnya. Harga sepeda lipat dipasaran beragam mulai dari 2 jutaan hingga 30 jutaan.



Gambar 2.11 Sepeda lipat

Sumber : hobigowes.com

3. Sepeda gunung.

Sepeda gunung atau *mountain bike* adalah jenis sepeda yang diformulasikan untuk *offroad* atau jalan yang terjal, bebatuan turunan juga tanjakan, sepeda gunung banyak digunakan karena bisa dibawa kemedan mana saja seperti hutan, gunung jalan beraspal dan curam. Sepeda dengan kerangka yang kuat dan tahan beban, jenis ini sering digunakan untuk lomba sepeda jarak jauh dan rute curam. Sepeda gunung dipasaran dengan harga yang beragam, dari 1juta hingga 27 juta.



Gambar 2.12 sepeda gunung

Sumber : hobigowes.com

4. Sepeda fixie

Salah satu jenis sepeda yang dikendarai oleh profesional, pada dasarnya sepeda jenis ini tidak memiliki rem, namun karena daya Tarik desainnya yang klasik dan unik, banyak yang memakai sepeda ini untuk keperluan olahraga dan memodifnya memiliki rem. Ciri dari sepeda ini memiliki ban yang kecil dan ramping, ban yang tidak memiliki ban dalam seperti kebanyakan ban sepeda. Dan memiliki kerangka yang ramping dan simple. Sepeda ini cukup sulit ditemui dipasaran karena sesungguhnya sepeda ini memang kurang populer di kalangan masyarakat. Harga sepeda ini kisaran 1.5 juta hingga 10 jutaan dari berbagai merk.



Gambar 2.13 Sepeda *fixie*

Sumber : hobigowes.com

5. Sepeda listrik

Sesuai dengan namanya sepeda ini berbeda dari jenis lainnya, karena ada teknologi listrik yang menjadi daya gerak sepeda. Nentuk sepeda yang kecil dan ramping dengan tenaga listrik membuat sepeda ini banyak diminati oleh masyarakat perkotaan karena desain dari sepeda ini cocok untuk jalan perkotaan dengan minimnya bebatuan. Termasuk jenis sepeda dengan harga yang cukup tinggi karena banyak yang meminati sepeda jenis ini. Harga sepeda ini kisaran 2 jutaan hingga yang tertinggi 22 jutaan.



Gambar 2.14 Sepeda Listrik

Sumber : hobigowes.com

6. Sepeda balap

Sepeda balap (*road bike*) adalah sepeda yang dirancang untuk kompetisi atau lomba. Sepeda ini dirancang dengan desain yang *sporty* dan ringan karena pada dasarnya jenis ini mengutamakan kecepatan. Jenis ini hanya diperuntukan untuk atlet atau orang dengan kebutuhan olahraga kecepatan. Biasanya sepeda ini terletak di harga kisaran puluhan juta.



Gambar 2.15 Sepeda Balap

Sumber : hobigowes.com

2.3 Variabel penelitian

Ada dua jenis variabel dalam penelitian ini yaitu variabel *input* dan *output*, diantaranya yaitu,

2.3.1 Variabel *input*

Ada 3 variable *input* yang menjadi indikator penelitian yang diambil oleh peneliti yaitu harga, persediaan dan perminatan,.

1. Harga

Harga barang juga perlu di perhatikan dalam membeli barang jika harga barang lebih tinggi dari pendapatan, bisa saja konsumen mengurungkan niatnya untuk memiliki barang tersebut. Barang kualitasnya baik biasanya memiliki harga cukup tinggi, begitupun sebaliknya. Dengan perkembangan sepeda yang cukup cepat banyak sekali jenis sepeda yang beredar di pangsa pasar, dari harga ratusan sampai belasan bahkan puluhan juta. bagi Sebagian orang dengan penghasilan yang cukup tinggi akan memilih sepeda yang bagus namun berkualitas. Pada variable ini peneliti mengambil 3 himpunan yaitu murah, sedang, dan mahal.

2. Persediaan

Kesediaan barang tentu saja mempengaruhi pembeli, jika pada saat pelanggan mencari merk X dan kebetulan stok kosong maka pembeli akan bingung dan bahkan bisa saja pembeli tidak jadi membeli barangnya, dan bisa saja konsumen mengganti barang yang stoknya tersedia. untuk menghindari hal tersebut tentu saja penjual harus menyediakan stok tiap jenis barang yang akan dijual. Dan bagi merk sepeda yang cukup banyak peminatnya, pasti sering mneyetok barang tersebut agar selalu tersedia, Hal tersebut tentu saja mengganggu kelancaran jual beli barang. Pada variabel ini peneliti membuat semesta himpunan stok barang yaitu, sedikit, sedang, dan banyak.

3. Perminatan

Minat beli pasar merupakan hal yang paling mendasar dalam perdagangan, karena jika minat pasar suatu barang tinggi maka penjualan pun akan mudah dan lancar. Minat pasar suatu barang tentu saja berbeda, bisa dilihat dari kualitas barang yang sudah dirasakan para pembeli atau pengupdate-an suatu barang yang lebih bagus dari sebelumnya. Ada tiga jenis sepeda yang menjadi tolak ukur penelitian ini yaitu jenis sepeda BMX, MTB, folding bike penelitian ini mengambil objek sepeda karena pada masa pandemic ini banyak orang yang bersepeda tuk aktifitas olahraga, pada variabel ini, ada 3 himpunan yaitu : tinggi, rendah dan sedang.

2.3.2 Variabel *output*

variabel *output* merupakan indikator penentu kesimpulan atau hasil semi akhir pada sebuah penelitian, pada sistem *fuzzy* biasanya terdapat dua atau tiga himpunan variabel kesimpulan, pada penelitian ini, peneliti menggunakan variabel *input* yaitu rekomendasi dengan himpunan variabel ‘Beli’ dan ‘Tidak beli’

1. himpunan variabel *output* Beli.

Merupakan himpunan dengan nilai akhir dengan kurva yang menunjukkan rekomendasi beli pada nilai akhir.

2. Himpunan variabel *output* Tidak beli

Merupakan himpunan dengan nilai akhir dengan kurva yang menunjukkan rekomendasi Tidak beli pada nilai akhir.

2.4 Software Pendukung

Untuk penyimpanan data sementara, peneliti menggunakan software ms. Word dan untuk pengolahan data nya. *Notepad++* sebagai wadah implementasinya Logika *fuzzy* dan konsep finite state automata dengan menganalisis *input* dan *output* akan lebih mudah dikerjakan dengan aplikasi matlab.

2.4.1 Microsoft Office Word

sistem operasi yang sudah umum digunakan dalam pengolahan kata, ms word sering digunakan dalam membuat dokumen, surat, dan hal yang berhubungan dengan teks. Penelitian ini menggunakan aplikasi word untuk merancang konsep penelitian dari awal hingga akhir penelitian.



Gambar 2.16 logo microsoft word

Sumber : 1000logos.net

2.4.2 Microsoft Excel

Excel digunakan untuk menyimpan dan mengolah data-data numerik dari hasil pengumpulan data, aplikasi yang digunakan untuk pengelompokan data dari berbagai jenis data yang menunjang penelitian. (Surbakti, 2014)



Gambar 2.17 Logo Microsoft Excel

Sumber : 1000logos.net

2.4.3 MatLab

Merupakan sebuah sistem operasi matematis berbasis command line (Azmi, 2012). Seperti fungsi det, inv, sqrt dan masih banyak lagi. Suatu algoritma akan diproses dengan mudah secara matematis, matlab sering digunakan sebagai media pencari jalan keluar dibidang riset, industri, analisis dan pengembangan. Matlab

merupakan aplikasi yang dilengkapi toolbox yaitu kumpulan fungsi analisis di bidang pengendali sistem, pengolahan signal, *fuzzy logic*, jaringan syaraf tiruan dan juga *wavelet*.



Gambar 2.18 Logo MatLab

Sumber : 1000logos.net

2.4.4 Notepad++

merupakan aplikasi yang digunakan untuk membuat web atau website dengan menggunakan Bahasa pemrograman HTML dan CSS. HTML berfungsi sebagai media pengolahan program dalam mendesain web. Sedangkan CSS berfungsi untuk mengatur tampilan desain web supaya terlihat lebih bagus dan menarik. (Utama, 2011)



Gambar 2.19 Logo Notepad++

Sumber : 1000logos.net

2.5 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian perlu melampirkan ringkasan dari kasus yang saling berkaitan yang telah diuji sebelumnya, penelitian ini akan mencantumkan kasus penelitian yang telah berhasil tercapai sebagai bahan penguat dalam penelitian.

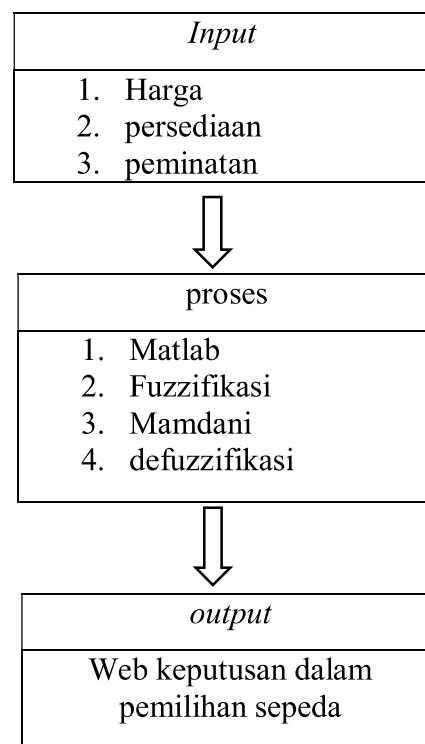
- a. (Nasir, 2017) dengan judul "Analisis *Fuzzy logic* Menentukan Pemilihan Motor Honda Dengan Metode Mamdani". Penelitian ini mengupas tentang penggunaan logika *fuzzy* dalam pemilihan sepeda motor sebagai penentu untuk membuka bisnis. Penelitian ini juga membahas bagaimana cara pengimplementasian logika *fuzzy* ke Bahasa pemrograman visual basic. Sehingga menciptakan aplikasi yang dapat menjalankan logika *fuzzy* dengan *output* aplikasi.
- b. (Buana, 2017) yang berjudul "Penerapan *Fuzzy Mamdani* Untuk Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Telepon Seluler" pada penelitian ini membahas mengenai sistem yang menggunakan logika *fuzzy mamdani* untuk pemilihan telepon. Keriteria variabel dalam penelitian ini meliputi harga, kapasitas memori serta lebar layar ponsel.
- c. (Suprayitno & Sumitra, 2018) dengan judul kasus " Penentuan Kategori Wisata Pantai Berdasarkan Data Geologi Menggunakan *Fuzzy Mamdani*", penelitian ini membahas tentang pemilihan wisata pantai menggunakan *fuzzy logic* dengan inferensi mamdani. Ada beberapa nama pantai yang termasuk dalam tempat penelitian kasusunini diantaranya pantai pangkul, batu hiu, pangandaran dan lain-lain, yang menjadi tolak ukur variabelnya adalah lebar pantai, tinggi gelombang, besar butir pasir, dan kedalaman pantai.
- d. (Firman Arif & Misdrum, 2019) dengan judul " Logika *Fuzzy Mamdani* Dan Algoritma Dijkstra Untuk Manajemen Keselamatan Pencarian Rute " Bahasan pada kasus ini adalah penerapan *fuzzy logic* dengan gabungan algoritma Dijkstra dalam menentukan rute perjalanan yang dapat mempercepat sampai pada tujuan lokasi, perbandingan waktu serta jarak lokasi tujuan sangat berpengaruh pada penelitian ini diantaranya adalah Panjang jalan, kecepatan rata-rata, kepadatan jalan, serta kapasitas

jalan ke tempat tujuan. algoritma Dijkstra juga berperan pada penelitian ini yaitu dengan cara mencari solusi optimal dengan cara memperhitungkan setiap Langkah yang dilewati.

- e. (Farmadi et al., 2017) dengan judul “ Sistem fuzzy logic tertanam pada mikrokontroler untuk penyiraman tanaman pada rumah kaca “ bahasan pada kasus ini adalah membuat sensor alat mikrokontroler penyiraman tanaman otomatis menggunakan pemrograman C pada IDE Arduino, yang memiliki *input* sistem variabel sensor suhu dan sensor kelembapan tanah, *input* sensor yang dipilih akan di buat dengan konsep sistem fuzzy untuk memetakan keadaan suhu dan kelembapan dengan menggunakan mesin inferensi sugeno. Dengan variabel *output* tidak siram, siram sedikit dan siram banyak.tahun
- f. (Jufriadi et al., 2020) dengan judul “logika fuzzy dengan metode mamdani dalam menentukan tingkat perminatan tipe motor honda” membahas tentang pemilihan sepeda motor honda menggunakan fuzzy mamdani, dengan implementasi akhir menggunakan PHP MySQL dengan beberapa variabel *input* diantaranya harga, kapaistas tangka, kecepatan mesin, kapasitas bagasi dan berat kendaraan.
- g. (Akhbari & Ghaffari, 2021) dengan judul “ Selfish node detector based on fuzzy logic and harris hawks optimization algorithm in IoT Network”. Membahas tentang pendeteksian node egois pada sebuah jaringan dengan menggunakan pendekatan hibrida untuk meningkatkan kinerja jaringan, dengan menggunakan tiga tahap. Tahap pertama yaitu dengan operasi elang Haris yang mengatur cluster dan memilih kepala. Tahap kedua yaitu menyelediki keberadaan ada atau tidaknya node egois dalam jaringan menggunakan parameter umum jaringan, jika terjadi simpul egois, maka cluster kepala akan memeriksa dan dan mengeali simpul egois yang terdeteksi, pada tahap ketiga menggunakan sistem logika fuzzy dengan merealisasikan setiap node untuk bekerja sama dengan node egois pada jaringan.

2.6 Kerangka Pemikiran

Kerangka berpikir adalah Langkah-langkah atau tahapan yang dilakukan peneliti untuk mencapai hasil yang dituju, dari persiapan materi teori hingga ke pengaplikasian dengan software dalam memecahkan permasalahan yang berdasar pada pemikiran peneliti, Berikut kerangka berpikir untuk penelitian ini.



Gambar 2.20 Kerangka Pemikiran

Sumber : Data penelitian (2022)

1. Variabel *input*

Data variabel harga, persediaan dan perminatan sudah disiapkan sebelumnya dan data diambil dari sumber data yang terpercaya. Peneliti mengumpulkan data dari berbagai merk sepeda yang ada pada sumber data.

2. Variabel proses

Setelah data dan aturan dimasukkan maka data akan diproses menggunakan aplikasi matlab, pada matlab maka data akan di fuzzifikasi terlebih dahulu atau pengaturan pemetaan tiap-tiap data, kemudian data diproses menggunakan metode mamdani, selanjutnya jika data sudah didapat berupa grafik maka proses defuzzifikasi akan dilakukan terhadap data keluaran hingga didapat nilai keputusan.

3. Varabel *output*

Hasil yang di dapat dari aplikasi matlab kemudian akan dibuat implementasi kedalam bentuk web. Pada web akan terdapat beberapa page atau form yang sesuai dengan variabel yang telah di tetapkan sebelumnya serta pada *output* web nya akan muncul form rekomendasi dari pemilihan sepeda yang akan dibeli.