# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Teori Dasar

### 2.1.1 Artificial Intelligence (AI)

Kecerdasan Buatan atau *Artificial Intelligence* (AI) merupakan bidang ilmu komputer yang mempunyai peran penting di era kini dan masa akan datang. Bidang ini telah berkembang sangat pesat di 20 tahun terakhir seiring dengan pertumbuhan kebutuhan akan perangkat cerdas pada industri dan rumah tangga. Pada masa sekarang, perhatian difokuskan pada kemampuan komputer untuk mengerjakan sesuatu yang dapat dilakukan oleh manusia. Dalam hal ini, komputer tersebut dapat meniru kemampuan kecerdasan dan perilaku manusia (Budiharto & Suhartono, 2014:1-2)

Sejarah kecerdasan buatan McMulloh dan Pitts pada tahun 1943 mengusulkan model matematis bernama *perceptron* dari *neuron* di dalam otak. Sumban gan terbesar di bidang AI diawali oleh tulisan dari Alan Turing pada tahun 1950 yang mencoba menjawab pertanyaan, “Dapatkah komputer berpikir?” dengan menciptakan *Turing Machine.* Pada akhir 1955, Newell dan Simon mengembangkan *The Logic Theorist,* program AI pertama. Program ini mempresentasikan masalah sebagai model pohon, lalu penyelesaiannya dengan memilih cabang yang akan menghasilkan kesimpulan terbenar. Pada tahun 1956,

John McCarthy dari *Massacuhetts Institute of Technology* yang dianggap sebagai bapak AI, menyelenggarakan konferensi bertajuk *The Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence.* McCarthy mendefinisikannya sebagai, "AI merupakan cabang dari ilmu computer yang berfokus pada pengembangan komputer untuk dapat memiliki kemampuan dan berperilaku seperti manusia" (Budiharto & Suhartono, 2014:3-4).

### 2.1.2 Sistem Pakar

Sistem pakar mulai dikembangkan pada pertengahan 1960, ditandai dengan lahirnya sistem pakar pertama bernama General-purpose Problem Solver (GPS) yang dikembangkan oleh Newel dan Simon. Kemudian bermunculan sistem pakar lain di berbagai bidang seperti MYCIN untuk diagnosis penyakit, DENDRAL untuk mengidentifikasi struktur molekul campuran yang tak dikenal, XCON & XSEL untuk membantu konfigurasi sistem komputer besar, SOPHIE untuk analisis sirkuit elektronik, Prospector digunakan di bidang geologi untuk membantu mencari dan menemukan deposit, FOLIO digunakan untuk membantu memberikan keputusan bagi seorang manajer dalam masalah stok dan investasi, DELTA dipakai untuk pemeliharaan lokomotif listrik diesel, dan sebagainya (T.Sutojo, S.Si., Edy Mulyanto, S.Si., & Suhartono, 2011:159-160).

Menurut (Hartati & Iswanti, 2008:2) sistem pakar merupakan salah satu teknik kecerdasan buatan yang menirukan proses penalaran manusia. Sistem pakar adalah suatu sistem yang dirancang untuk dapat menirukan keahlian seorang pakar dalam menjawab pertanyaan dan memecahkan suatu masalah. Dengan bantuan

sistem pakar, seseorang yang bukan pakar dapat menjawab pertanyaan, menyelesaikan masalah serta mengambil keputusan yang biasanya dilakukan oleh seorang pakar.

Pakar adalah seseorang yang memiliki pengetahuan khusus, pemahaman, pengalaman, dan metode-metode yang digunakan untuk memecahkan masalah dalam bidang tertentu. Seorang pakar memiliki kemampuan kepakaran seperti mengenali dan merumuskan suatu masalah, menyelesaikan masalah dengan cepat dan tepat, menjelaskan solusi dari suatu masalah, restrukturisasi pengetahuan, belajar dari pengalaman, memahami batas kemampuan, kemampuan untuk mengaplikasikan pengetahuannya dan memberi saran serta pemecahan masalah pada bidang tertentu (Hartati & Iswanti, 2008:11). Sistem pakar adalah suatu sistem yang dirancang untuk dapat meniru keahilan seorang pakar dalam menjawab pertanyaan dan memecahkan suatu masalah.

### 2.1.3 Jaringan Syaraf Tiruan

Menurut (Suyanto, 2014:169-170) Jaringan syaraf tiruan yaitu metode *learning* yang bisa digunakan untuk permasalahan yang bernilai diskrit, real, maupun vektor. *Alexander* dan *Morton* mendefinisikan JST sebagai berikut [HAY95]:

JST adalah prosesor tersebar parelel (paralel distributed processor) yang sangat besar yang memiliki kecendrungan untuk menyimpan pengetahuan yang bersifat pengalaman dan membuat siap untuk digunakan. JST menyerupai otak manusia dalam dua hal, yaitu: pengetahuan diperoleh jaringan melalui proses

belajar; kekuatan hubungan antar sel syaraf (*neuron*) yang dikenal sebagai bobot-bobot sinaptik digunakan untuk menyimpan pengetahuan.

Sel syaraf (neuron) adalah unit pemrosesan informasi yang merupakan dasar dari operasi JST. Terdapat tiga elemen dasar dari model neuron, yaitu [HAY94]:

1. Sekumpulan sinapsis atau jalur hubungan, dimana masing-masing sinapsis memiliki bobot atau kekuatan hubungan.
2. Suatu *adder* untuk menjumlahkan sinyal-sinyal input yang diberi bobot oleh sinapsis *neuron* yang sesuai. Operasi-operasi yang digambarkan disini mengikuti aturan *linier combiner.*
3. Suatu fungsi aktivisi untuk membatasi amplitudo *output* dari setiap *neuron*.

### 2.1.4 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing.* Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika *fuzzy* tersebut (Kusumadewi & Purnomo, 2010:1). Logika fuzzy merupakan logika 0 dan 1 untuk menentukan suatu keputusan dengan ketidak pastian.

Diperoleh fakta dari sekian banyak alternatif yang tersedia, sistem *fuzzy* seringkali menjadi pilihan terbaik. Mengapa? Menurut Lotfi A. Zadeh, dalam hampir setiap kasus, Anda dapat membangun sistem yang bisa menggantikan *black-*

*box* di atas tanpa menggunakan *fuzzy logic*. Namun demikian bila Anda memakai *fuzzy logic*, rancang bangun sistem bisa Anda lakukan lebih cepat dan efisien (Naba, 2009:3-4). Selain alasan itu, berikut ini dirangkum beberapa alasan mengapa kita menggunakan *fuzzy logic*:

1. Konsep *fuzzy logic* adalah sangat sederhana sehingga mudah dipahami. Kelebihannya dibanding konsep yang lain bukan pada kompleksitasnya, tetapi pada *naturalness* pendekatannya dalam memecahkan masalah.
2. *Fuzzy logic* adalah fleksibel, dalam arti dapat dibangun dan dikembangkan dengan mudah tanpa harus memulainya dari "nol".
3. *Fuzzy logic* memberikan toleransi terhadap ketidakpresisian data. Hal ini sangat cocok dengan fakta sehari-sehari. Segala sesuatu di alam ini relatif tidak presisi, bahkan meskipun kita lihat/amati secara lebih "dekat" dan hati-hati. *Fuzzy logic* dibangun berdasar pada fakta ini.
4. Pemodelan/pemetaan untuk mencari hubungan data *input-output* dari sembarang sistem *black-box* bisa dilakukan dengan memakai sistem *fuzzy*.
5. Pengetahuan atau pengalaman dari para pakar dapat dengan mudah dipakai untuk membangun *fuzzy logic*. Hal ini merupakan kelebihan utama *fuzzy logic* dibanding JST. Pemodelan sistem dengan JST berdasar data *input-output* hanya akan menghasilkan model JST yang masih juga sebagai *black-box*, karena kita sulit mengetahui bagaimana cara kerja model JST yang dihasilkan. Dalam pemodelan sistem dengan JST, tidak ada mekanisme untuk melibatkan pengetahuan manusia (pakar) dalam proses pelatihan JST.

Jika kita menggunakan *fuzzy logic*, pengetahuan manusia bisa relatif lebih mudah dilibatkan dalam pemodelan sistem *fuzzy*.

6. *Fuzzy logic* dapat diterapkan dalam desain sistem kontrol tanpa harus menghilangkan teknik desain sistem kontrol konvensional yang sudah terlebih dahulu ada.
7. *Fuzzy logic* berdasar pada bahasa manusia.

### 2.1.5 Himpunan Fuzzy

Pada himpunan tegas *(crisp)*, nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A, yang sering ditulis dengan $\mu_A(X)$, memiliki dua kemungkinan, yaitu:

1. Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau
2. Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Kalau himpunan *crisp*, nilai keanggotaan hanya ada 2 kemungkinan, yaitu 0 atau 1, pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila x memiliki nilai keaanggotaan *fuzzy* ($\mu_A$ (X)=0 berarti x tidak menjadi anggota himpunan A, demikian pula apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* ($\mu_A$ (X)=1 berarti x menjadi anggota penuh pada himpunan A. Terkadang kemiripan antara keanggotaan *fuzzy* dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval [0,1], namun interprestasi nilainya sangat berbeda antara kedua kasus tersebut. Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi

terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PAROBAYA, dan TUA.
b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 25, 50, dan sebagainya.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy, yaitu:

a. Variabel *fuzzy*

   Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, *temperature*, permintaan, dan sebagainya.

b. Himpunan *fuzzy*

   Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang memiliki suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

c. Domain

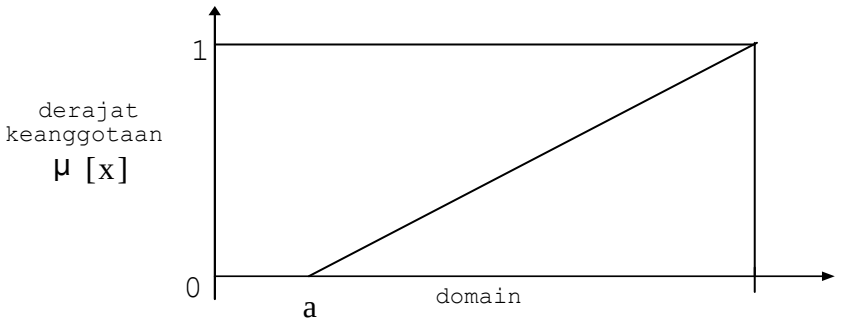
   Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diiizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Domain merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

### 2.1.6 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function)* adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaanya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan:

a. Representasi *Linear*

Pada representasi *linear*, pemetaan *input* ke derajat keanggotannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 \keadaan himpunan *fuzzy* yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.




**Gambar 2. 1 Representasi Linear Naik**

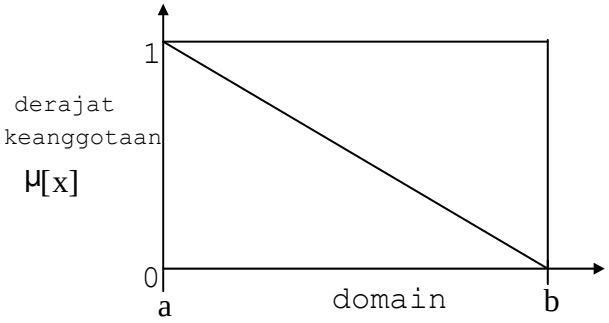
*Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010:9*)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \le a \\ (x-a)/(b-a); & a \le x \le b \\ 1; & x \ge b \end{cases}$$

**Rumus 2. 1** Representasi Linear Naik

Kedua, merupakan kebalikan yang pertama. Garis lurus di mulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memilih derajat keanggotaan yang lebih rendah (Gambar 2.2).




**Gambar 2. 2 Representasi Linear Turun**

*Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010:10)*

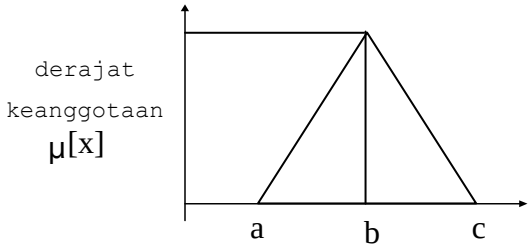
Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} (b-x)/(b-a); & a \le x \le b \\ 0; & x \ge b \end{cases}$$

**Rumus 2. 2 Linear Turun**

b. Representasi kurva segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis *(linear)* seperti terlihat pada Gambar 2.3.




**Gambar 2. 3 Kurva Segitiga**

*Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010: 11)*

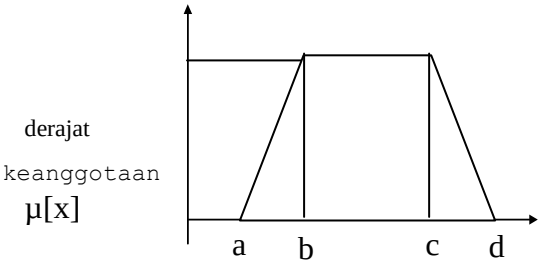
Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \le a \text{ atau } x \ge c \\ (x - a)/(b - a); & a \le x \le b \\ (b - x)/(c - b); & b \le x \le c \end{cases}$$

**Rumus 2. 3 Kurva Segitiga**

c. Representasi kurva trapesium

Kurva Segitiga pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 (Gambar 2.4).




**Gambar 2.4 Kurva Travesium**

*Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010: 13)*

Fungsi keanggotaan:

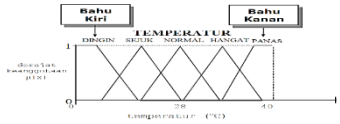
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \le a \text{ atau } x \ge d \\ (x - a)/(b - a); & a \le x \le b \\ 1; & b \le x \le c \\ (d - x)/(d - c); & x \ge d \end{cases}$$

**Rumus 2.3 Kurva Trapesium**

d. Representasi kurva bentuk bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan: 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 kondisi PANAS, kenaikan temperatur akan tetap berada pada kondisi PANAS. Himpunan *fuzzy* 'bahu', bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari

benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar 2.5 menunjukan variabel TEMPERATUR dengan daerah bahunya.

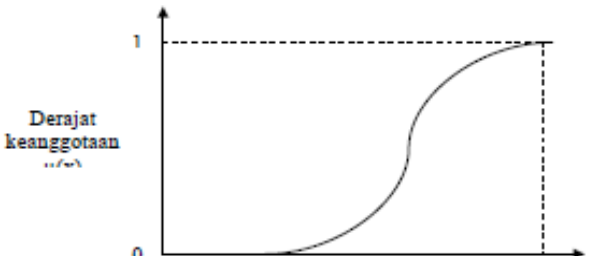



**Gambar 2. 5 Daerah 'Bahu' pada variabel TEMPERATUR**

*Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010:14)*

e. Representasi kurva-S

Kurva PERTUMBUHAN dan PENYUSUTAN merupakan kurva-S atau *sigmoid* yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linear. Kurva-S untuk PERTUMBUHAN akan bergerak dari sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) ke sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1). Fungsi keanggotaannya akan tertumpu pada 50% nilai keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi.




**Gambar 2. 6 Himpunan fuzzy dengan kurva-S: PERTUMBUHAN**

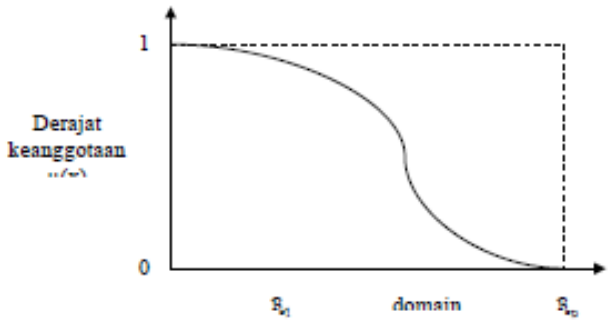
*Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010: 15)*

Fungsi keanggotaan:

$$S(x;\alpha,\beta,\gamma)=\begin{cases}0; & x\le\alpha\\ 2((x-\alpha)/(\gamma-\alpha))^2 & \alpha\le x\le\beta\\ 1-2((\gamma-x)/(\gamma-\alpha))^2 & \beta\le x\le\gamma\\ 1 & x\ge\gamma\end{cases}$$

**Rumus 2. 4 Kurva-S Pertumbuhan**

Kurva-S untuk PENYUSUTAN akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) seperti telihat pada gambar.



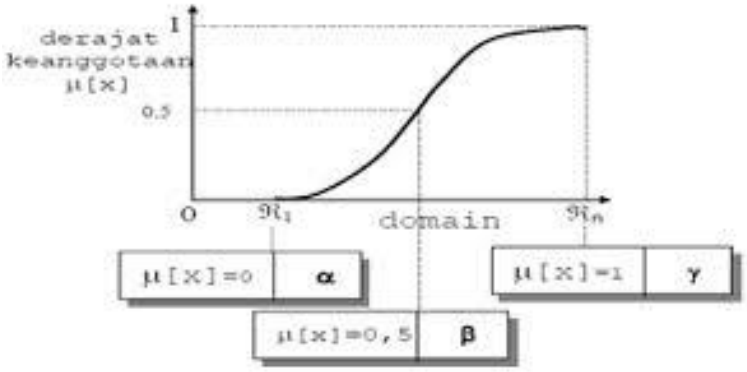

**Gambar 2.7** Himpunan fuzzy dengan kurva-S: PENYUSUTAN
**Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010:15)**

Fungsi keanggotaan:

$$S(x;\alpha,\beta,\gamma)=\begin{cases}1 & x\le\alpha\\ 1-2((x-\alpha)/(\gamma-\alpha))^2 & \alpha\le x\le\beta\\ 2((\gamma-x)/(\gamma-\alpha))^2 & \beta\le x\le\gamma\\ 0 & x\ge\gamma\end{cases}$$

**Rumus 2. 5 Kurva-S Penyusutan**

Kurva-S didefenisikan dengan 3 parameter, yaitu: nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan lengkap (γ), dan titik infleksi atau *crossover* (β) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar.




**Gambar 2.8** Karakteristik fungsi kurva-S (Cox, 1994)

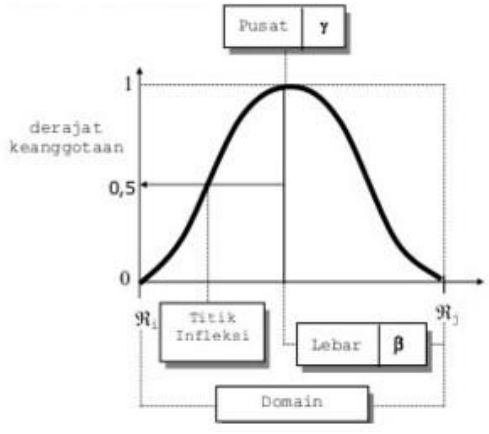
**Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010:16*)***

f. Representasi kurva bentuk lonceng *(Bell Curve)*

Untuk merepresentasikan bilangan *fuzzy*, biasanya digunakan kurva berbentuk lonceng. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu: himpunan *fuzzy* PI, beta, dan Gauss. Perbedaan ketiga kurva ini terletak pada gradiennya.

**1. Kurva *PI***

Kurva PI yang berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain (γ), dan lebar kurva (β) seperti pada gambar 2.9.




**Gambar 2.9** Kurva PI

**Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010:19)**

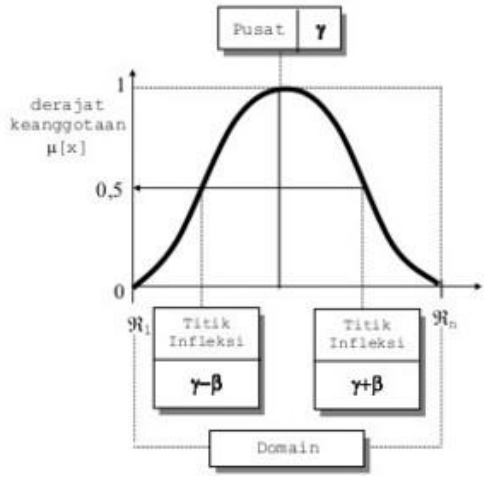
Fungsi keanggotaan:

$$\Pi(x,\beta,\gamma)=\begin{cases} S\left(x;\gamma-\beta,\gamma-\frac{\beta}{2},\gamma\right) & \rightarrow \ x\le\gamma \\ 1-S\left(x;\gamma,\gamma+\frac{\beta}{2},\gamma+\beta\right) & \rightarrow \ x>\gamma \end{cases}$$

**Rumus 2. 6 Kurva PI**

## 2. Kurva *BETA*

Seperti halnya dengan kurva *PI* kurva *BETA* juga berbentuk lonceng namun lebih rapat. Kurva ini juga didefenisikan dengan 2 parameter, yaitu: nilai pada domain yang menunjukan pusat kurva (γ), dan setengah lebar kurva (β) seperti pada gambar 2.11.




**Gambar 2.10** Karakteristik Fungsional Kurva BETA (Cox, 1994)

**Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010:21)**

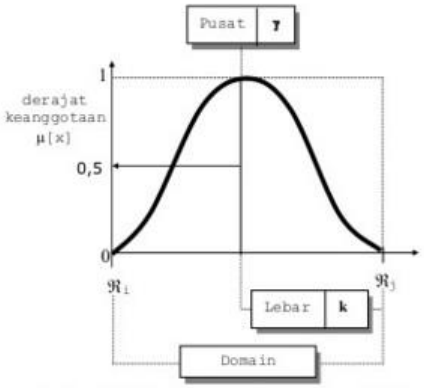
Fungsi keanggotaan:

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

**Rumus 2. 7 Kurva BETA**

### 3. Kurva *GAUSS*

Jika kurva *PI* dan kurva *BETA* menggunakan 2 parameter yaitu: (γ) dan (β), kurva GAUSS juga menggunakan (γ) untuk menunjukan nilai domain pada pusat kurva, dan (k) menunjukan lebar kurva, seperti pada gambar 2.11.




**Gambar 2.11** Karakteristik Fungsional Kurva GAUSS

**Sumber: Kusumadewi dan Purnomo (2010: 23)**

Fungsi keanggotaan:

$$G(x;k,\gamma) = e^{-k(\gamma - x)^2}$$ **Rumus 2. 8 Kurva GAUSS**

### 2.1.7 Fuzzy Inference Sistem

Biasanya seorang operator/pakar memiliki pengetahuan tentang cara kerja dari sistem yang bisa dinyatakan dalam sekumpulan *IF-THEN rule*. Dengan melakukan *fuzzy inference*, pengetahuan tersebut bisa ditransfer ke dalam perangkat lunak yang selanjutnya memetakan suatu input menjadi output berdasarkan *IF-THEN rule* yang diberikan. Sistem *fuzzy* yang dihasilkan disebut *Fuzzy Inference System* (FIS). FIS telah berhasil diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti

kontrol otomatis, klasifikasi data, analisis keputusan, dan sistem pakar. Karena kemampuannya yang fleksibel untuk bisa diterapkan di berbagai bidang, FIS sering disebut dengan nama lain, seperti *fuzzy-rule-based system*, *fuzzy expert system*, *fuzzy modelling*, *fuzzy logic controller*, dan tidak jarang cukup dengan *fuzzy system* (Naba, 2009:29).

#### 2.1.7.1 Metode Tsukamoto

Metode Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaraan monoton, pada setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-Then* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, *output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas *(crisp)* berdasarkan α-predikat *(fire strength).* Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot .

#### 2.1.7.2 Metode Mamdani

Metode Mamdani adalah metode yang paling sering digunakan karena metode ini merupakan metode yang pertama kali dibangun dan berhasil diterapkan dalam rancang bangun sistem kontrol menggunakan teori himpunan *fuzzy*. Ebrahim Mamdani yang pertama kali mengusulkan metode ini di tahun 1975 ketika membangun sistem kontrol mesin uap dan boiler (Naba, 2009:29).

Menurut (Kusumadewi & Purnomo, 2010:37) untuk mendapatkan *output* diperlukan 4 tahapan:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*
2. Aplikasi fungsi aplikasi
3. Komposisi aturan
4. Penegasan

**2.1.7.3 Metode Sugeno**

Penalaran dengan metode Sugeno hamper sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi Sugeno Kang pada tahun 1985, sehingga metode ini sering juga dinamakan dengan metode TSK (Kusumadewi & Purnomo, 2010:46). Menurut Cox (1994), metode TSK terdiri dari 2 jenis, yaitu:

a. Model *fuzzy* Sugeno Orde-Nol

   Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno orde-nol adalah IF ($X_1$ is $A_1$) O ($X_2$ is $A_2$) O ($X_3$ is $A_3$) O … O ($X_N$ is $A_N$) THEN Z=K. Dengan $A_i$ adalah himpunan *f*uzzy ke-I sebagai anteseden, dan k adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

b. Model *fuzzy* Sugeno Orde-Satu

   Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno orde-satu adalah IF ($X_1$ is $A_1$) O … O ($X_N$ is $A_N$) THEN Z= $p_1*X_1$ +…+ $p_N*X_N$ + q. Dengan $A_i$ adalah himpunan *Fuzzy* ke-I sebagai anteseden, dan $p_i$ adalah suatu konstanta (tegas) ke-I dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen.

Apabila komposisi aturan menggunakan metode Sugeno, maka defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya.

Menurut proses fuzzifikasi, operasi *fuzzy logic*, dan implikasinya tidak ada bedanya dengan yang dipakai dalam *FIS* tipe Mamdani. Perbedaannya terletak pada jenis fungsi keanggotaan yang dipakai dalam bagian konsekuen. *FIS* tipe Sugeno menggunakan fungsi keanggotan *output* yang bersifat linier atau konstan. *IF-THEN rule* dalam *FIS* tipe Sugeno berbentuk seperti berikut IF *input*1 = v *And input*2 = w *THEN output* is z = av + bw+ c. Keluaran *rule* demikian bukan dalam bentuk fungsi keanggotaan, tetapi sebuah bilangan yang mana berubah secara *linier* terhadap variabel-variabel *input*, yaitu mengikuti suatu persamaan bidang z= av + bw + c. Jika b=0, FIS dikatakan berorde satu dimana keluarannya mengikuti persamaan garis, yaitu z= av+ c. Jika a=0, *FIS* dikatakan berorde nol, karena keluarannya berupa sebuah bilangan konstan, yaitu z=c (Naba, 2009:37).

Proses defuzzifikasi dalam *FIS* tipe Sugeno jauh lebih efisien daripada *FIS* tipe Mamdani, karena tipe Sugeno menggunakan *single spike* sebagai fungsi keanggotaan keluaran.

Fungsi keanggotaan keluaran demikian dikenal dengan fungsi singleton dan bisa dianggap sebagai sebuah *pre-defuzzified fuzzy set.* Secara umum *FIS* tipe Sugeno dapat diaplikasikan pada sembarang model *inference system* dimana fungsi keanggotaan keluaran adalah konstan atau *linier* (Naba, 2009:30). Hal ini juga karena *FIS* tipe Sugeno menghitung nilai keluaran dengan cara seperti berikut:

$$output = \frac{\sum_{i=1}^{N} w_i z_i}{\sum_{i=1}^{N} w_i}$$

**Rumus 2. 9 *Output* Sugeno**

Dengan $w_i$ adalah hasil proses operasi *fuzzy logic antecedent* dan $z_i$ adalah keluaran *rule* ke-i. Keluaran akhir, *output* tidak lain adalah ssebuah *weighted average*. Bandingkan dengan FIS tipe Mamdani yang harus terlebih dahulu menghitung luas di bawah kurva fungsi keanggotaan variabel keluaran. Suatu keuntungan dari *FIS* tipe Sugeno adalah bahwa dengan hanya orde nol seringkali sudah mencukupi untuk berbagai keperluan pemodelan. Sebuah cara paling mudah untuk memahami *FIS* Sugeno dengan orde lebih besar dari 1 adalah dengan membayangkan setiap *IF-THEN rule* mewakili sebuah mode operasi yang bergerak *(moving operating point)*, sementara sebuah rule dalam *FIS* Sugeno orde nol hanya mewakili sebuah mode operasi yang diam. *FIS* tipe Sugeno dengan orde 1 atau lebih sudah mencukupi dalam pemodelan sistem-sistem non-linier. *FIS* tipe Sugeno mempunyai kemampuan untuk memodelkan sistem non-linier dengan melakukan interpolasi antar model-model linier. Setiap model linier diwakili sebuah *rule* orde 1 atau lebih.

(Naba, 2009:113) Kelebihan dari *fuzzy inference system* tipe sugeno adalah:

1. Efisien dalam komputasi
2. Cocok untuk pemodelan-pemodelan sistem linier
3. Cocok untuk digabung dengan teknik optimasi dan adaptif
4. Menjamin kontinuitas keluaran
5. Memungkinkan dikukan analisis matematis

## 2.2 Variabel

Variabel adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya. Obyek yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gitar Listrik dan Variabel penelitian yang digunakan adalah komponen-komponen dari gitar listrik tersebut (Sugiyono, 2012:38).

### 2.2.1 Gitar Listrik

Gitar listrik adalah jenis gitar yang menggunakan beberapa pickup untuk mengubah bunyi atau getaran dari string gitar menjadi arus listrik yang akan dikuatkan kembali dengan menggunakan seperangkat amplifier dan loud speaker. Suara gitar listrik dihasilkan dari getaran senar gitar yang mengenai kumparan yang ada di badan gitar yang biasa disebut "pick up". Terkadang sinyal yang keluar dari pickup diubah secara elektronik dengan gitar effect sebagai reverb ataupun distorsi.

Sejarah gitar listrik bermula pada tahun 1930, ketika seorang yang bernama George Beauchamp mulai mencari cara untuk menambah volume gitar. Diketahui jika suatu kawat di beri gaya medan magnet maka dapat menciptakan arus listrik.

Atas dasar pemikiran ini Ia meneliti dan mengadakan suatu percobaan dengan jarum Gramopon ( pada dasarnya teknologi ini bisa didapati pada motor — motor listrik, generator, jarum gramopon, radio dan mic ). Ia percaya bahwa jika dawai gitar digetarkan dekat medan magnet akan bisa diubah menjadi arus —arus listrik dan kemudian dikonversi kembali menjadi gelombang suara melalui speaker.

Setelah percobaan berbulan-bulan dan bekerja sama dengan Paul Barth maka terciptalah pickup pertama yang sederhana terdiri dari 6 kutub dan tiap-tiap kutub untuk masing - masing dawai. Pickup berisi kumparan yang digulung rapi. Menurut ceritanya, Ia mengambil kumparan itu dari mesin cuci dan melilitnya kembali dengan motor mesin jahit. Penemuannya ini sangat dihargai dan mendapatkan hak paten.

Dengan penemuannya ini maka langkah selanjutnya Ia mencari orang yang mau bekerja sama dan membantunya dalam soal dana. Ia menghubungi Adolph Rickenbacher temannya dulu di National String Instrument Company tempatnya bekerja.

Mereka bekerja sama dan membentuk sebuah perusahaan dengan nama Instrumens Rickenbachers. Akhirnya Mereka mulai memproduksi gitar listrik pertama yang disebut “The Frying Pan” (mungkin karena badan gitarnya terbuat dari panci). Ini yang membuat perusahaan mereka tertulis dalam sejarah sebagai pabrik yang pertama membuat dan memproduksi gitar listrik.

Gitar listrik pertama digunakan oleh gitaris-gitaris jazz yang memakai amplifier hollow bodied untuk mendapatkan suara yang lebih besar. Gitar listrik yang pertama adalah gitar hollow bodied dengan pickup baja yang dibuat oleh pabrikan Rickenbacker pada tahun 1931. Gitar listrik adalah instrumen kunci dalam perkembangan musik yang muncul sejak 1940, termasuk Chicago Blues, rock and roll dan blues rock 1962.

### 2.2.2 Komponen Gitar Listrik

Adapun komponen-komponen gitar listrik yang menjadi variabel adalah:

1. Harga

   Harga adalah suatu nilai tukar yang bisa disamakan dengan uang atau barang lain untuk manfaat yang diperoleh dari suatu barang atau jasa bagi seseorang atau kelompok pada waktu tertentu dan tempat tertentu. Istilah harga digunakan untuk memberikan nilai finansial pada suatu produk barang atau jasa. Dalam pembelian gitar elektrik, harga adalah untuk menentukan kualitas suatu gitar. Harga terdiri dari 3 bagian yaitu murah, sedang dan mahal yang masing-masingnya akan mengarah ke kulitas gitar elektrik tersebut.

2. Kualitas

   Kualitas adalah kemampuan suatu produk untuk melaksanakan fungsinya meliputi, daya tahan keandalan, ketepatan kemudahan operasi dan perbaikan, serta atribut bernilai lainnya. Pada variabel ini kualitas gitar terdiri atas 3 himpunan variabel yaitu biasa, sedang dan bagus.

3. Model

   Model adalah rencana, representasi, atau deskripsi yang menjelaskan suatu objek, sistem, atau konsep, yang seringkali berupa penyederhanaan atau idealisasi. Bentuknya dapat berupa model fisik (maket, bentuk prototipe), model citra (gambar rancangan, citra komputer), atau rumusan

matematis. Pada penelitian ini, model merupakan corak pada gitar elektrik. Hipunan variabelnya adalah Polos, Sedang dan Bercorak.

4. Pick Up

   Pick up dalam sebuah gitar merupakan transduser untuk mengubah energi gerak atau getar yang berasal dari senar menjadi energi listik dan kemudian akan menjadi energi bunyi yang cukup kuat sehingga dapat terdengar dengan jelas. Pada prinsipnya, energi listrik yang berasal dari energi getar tersebut akan dihantarkan melalui kabel dan dikeluarkan melalui output atau speaker sehingga akhirnya menghasilkan energi bunyi yang sangat luar biasa.

## 2.3 Softwere Pendukung

Dalam pengolahan data dari penelitian ini, maka diperlukan *softwere* pendukung yang akan dijadikan sebagai alat pengambil keputusan dari variabel yang telah ditentukan.

### 2.3.1 Matlab

Menurut (Setyaningsih, 2015:31) Matlab (*matrix laboratory*) adalah bahasa tingkat tinggi yang interaktif dan memungkinkan pengguna melakukan komputasi secara intensif. Matlab telah berkembang menjadi sebuah lingkungan pemograman canggih yang berisi fungsi-fungsi built-in untuk melakukan pengolahan sinyal, aljabar linier, dan kalkulasi matematis lainnya. Matlab juga berisi *toolbox* yang mencakup fungsi-fungsi tembahan untuk aplikasi khusus.

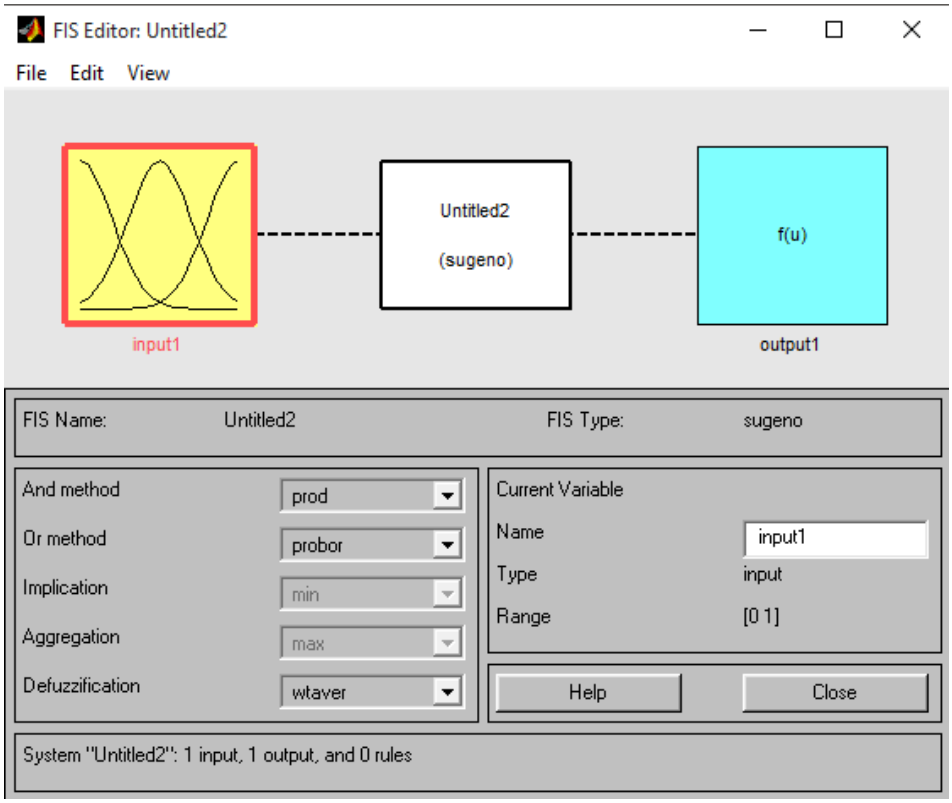
Penggunaan matlab meliputi bidang-bidang:

1. Matematika dan Komputasi.
2. Pembentukan algoritma akusisi data.
3. Pemodelan, simulasi dan pembuatan prototipe.
4. Analisa data, ekplorasi dan visualisasi grafik.
5. Keilmuan dan bidang rekayasa.

Menentukan tingkat evaluasi kinerja pelayanan pegawai kantor camat dengan menggunakan metode sugeni dapat menggunakan *toolbox fuzzy* yang terdapat di *softwere* Matlab. *Fuzzy logic toolbox* memberikan fasilitasi *Graphical User Interface* (GUI) untuk mempermudah dalam membangun suatu model *fuzzy* yaitu (Naba, 2009:82-94)

*1.* *Fuzzy Inference System* (FIS) *editor*

GUI ini yang berfungsi untuk mengedit model *fuzzy* yang dibuat. FIS *Editor* dapat dipanggil dengan mengetikkan tulisan "***fuzzy***" pada *Command windows*.

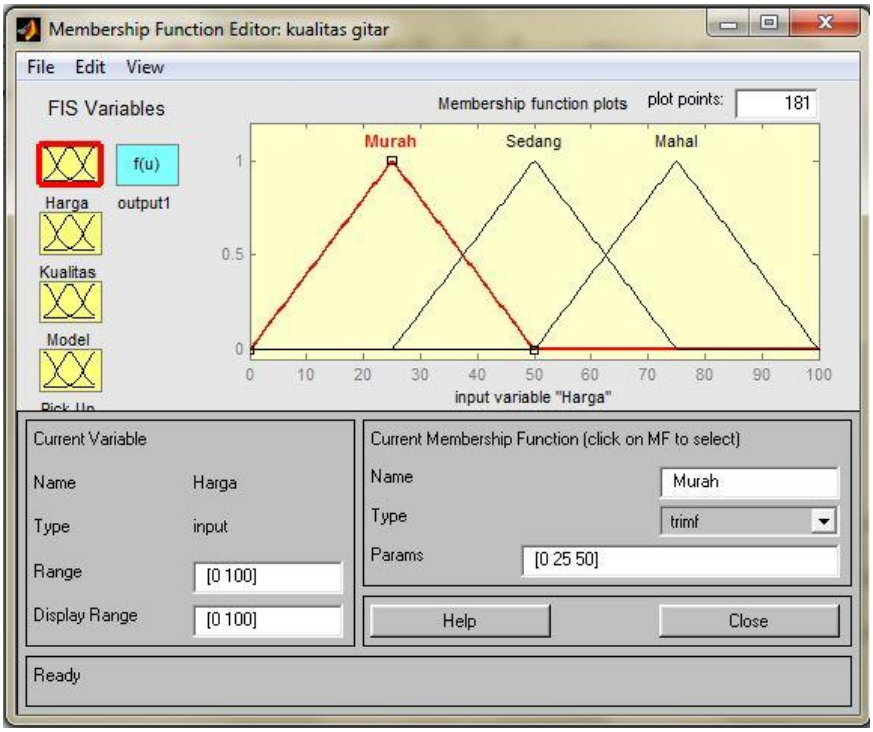



**Gambar 2. 12** FIS *Editor*

**Sumber:**

2. *Membership Function Editor* (MFE)

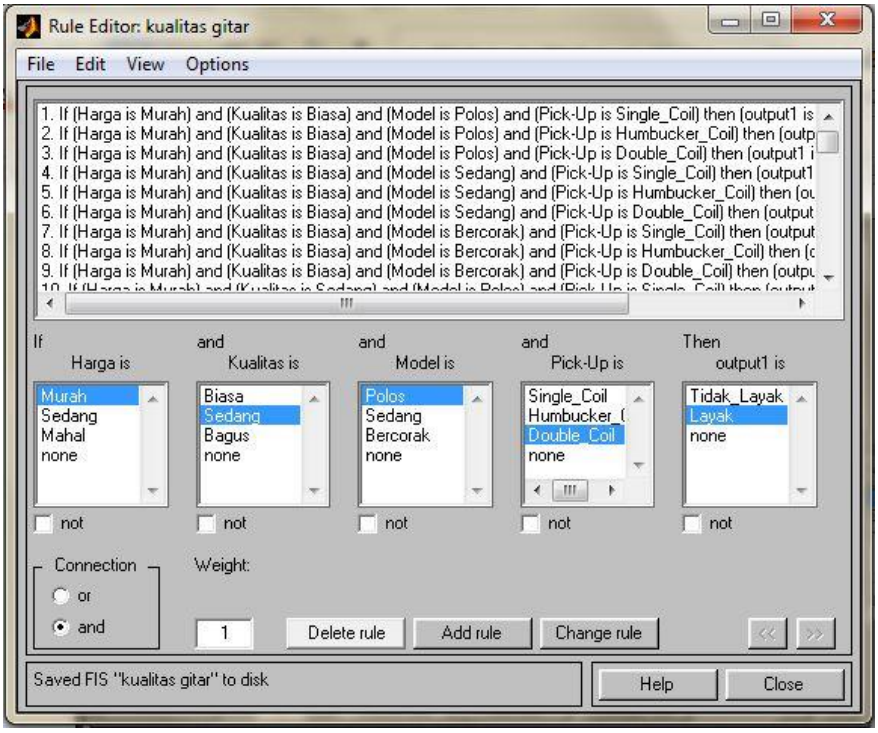
GUI ini yang berfungsi untuk merancang atau membuat fungsi keanggotaan yang akan digunakan dalam model *fuzzy*. Terdapat beberapa fungsi keanggotaan yang dapat digunakan, antara lain fungsi keanggotaan segitiga dan Gauss. *Editor* ini dapat dipangil dari *FIS.*




**Gambar 2. 13** *Membership Function Editor*
**Sumber: Data Penelitian (2018)**

*3. Rule Editor*

GUI ini yang berfungsi menyusun aturan Jika-Maka berdasarkan pengetahuan maupun aturan-aturan yang kemudian akan digunakan sebagai penalaran *fuzzy* yang merupakan inti dari model *fuzzy*. *Rule Editor* dapat dipanggil dengan cara pilih ***view→ Edit Rules***.

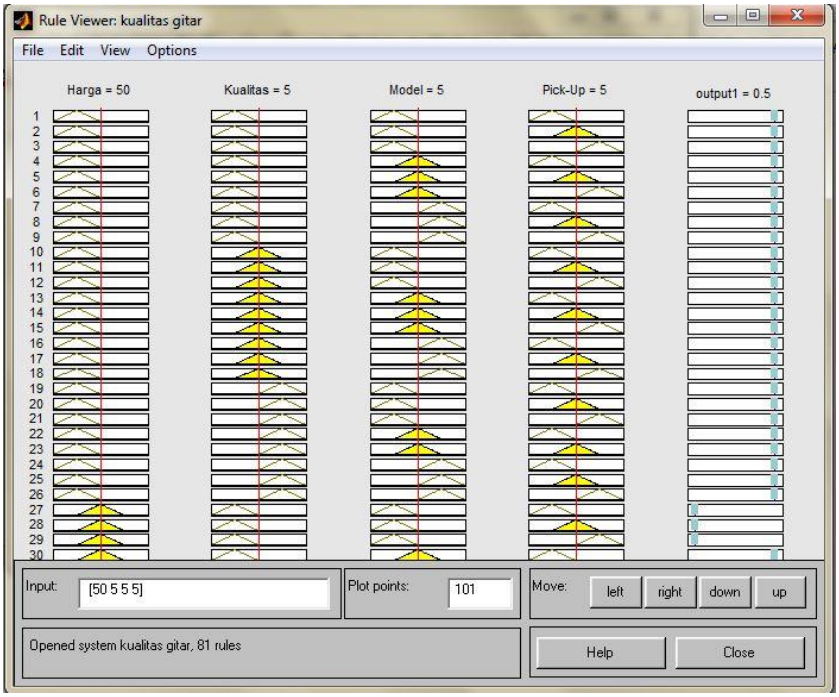



**Gambar 2. 14** *Rule Editor*

**Sumber: Data Penelitian (2018)**

*4. Rule Viewer*

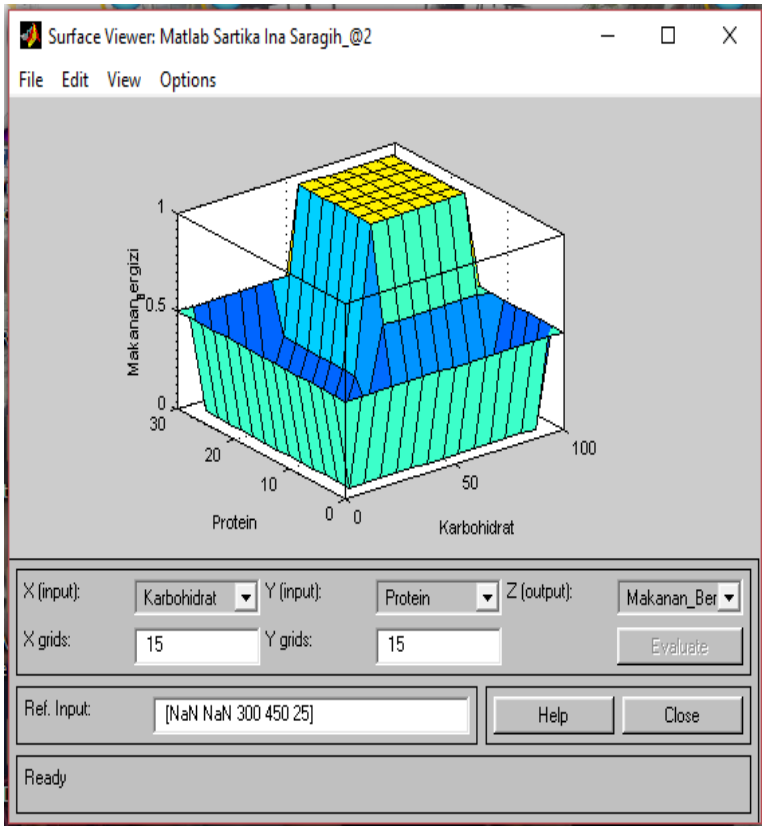
GUI ini yang berfungsi untuk menampilkan penalaran dari model *fuzzy* secara keseluruhan dalam bentuk model 2 dimensi. *Rule Viewer* dapat dipanggil dengan memilih menu ***view→view rule***.




**Gambar 2. 15** *Rule Viewer*
**Sumber: Data Penelitian (2018)**

*5. Surface Viewer*

GUI ini yang berfungsi untuk menampilkan penalaran dari model *fuzzy* dalam bentuk 3 dimensi. *Surface Viewer* dapat dipanggil dengan memilih menu ***view→view Surface***.




**Gambar 2. 16** *Surface Viewer*
**Sumber: Data Penelitian (2018)**

## 2.4 Penelitian Terdahulu

1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh ***Satria Ade Nikron (2017) dengan judul Rancang Bangun Sistem Pemilihan Gitar Akustik dan Elektrik Berbasis Web dengan Metode Simpe Additive Weightin***. Gitar merupakan salah satu alat yang populer dikalangan masyarakat dunia. Alat ini tidak hanya dimainkan masyarakat kelas atas, tetapi juga oleh semua kalangan. Gitar bisa digunakan para musisi untuk pembuatan aransement lagu atau sekedar mengisi waktu luang saat sedangag ada perkumpulan. Tidak dapat dipungkiri bahwa gitar ikut berperan penting dalam berkembangnya

musik dipenjuru dunia. Akan tetapi, tak jarang orang awam yang tidak tahu bagaimana memilih gitar yang berkualitas dan sesuai dengan yang dikehendaki. Biasanya orang yang baru memulai instrumen gitar cendrung salah dalam memilih (Satria Ade Nikron, 2017).

***2.*** Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh ***Alwi Abdul Latief, Prihastuti Harsani, Arie Qur'aina dengan judul Sistem Diagnosis Kerusakan Pada Alat Musik Gitar Elektrik Menggunakan Metode Dempster Shafer Berbasis Web***. Gitar elektrik merupakan salah satu alat musik yang digemari banyak orang. Gitar elektrik memiliki beberapa perangkat atau bagian-bagian penting didalamnya, seperti *pick-up, bridge, fret,* dan senar. Namun sering ditemukan kerusakan pada perangkat gitar tersebut, seperti gitar elektrik tidak dapat mengeluarkan suara ataupun mengeluarkan suara noice sehingga gitar tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Salah satu metode inferensi yang dapat digunakan untuk mendiagnosa kerusakan adalah metode Dempster Shafer. Metode *Dempsfer Shafer* bertujuan untuk melakukan penalaran dalam mendapatkan suatu kesimpulan, dan nilai kepercayaan yang didapatkan dari hasil perhitungan bobot masing-masing inputan gejala (Latief, Harsani, & Qur, n.d.).

***3.*** Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh ***Youllia Indrawaty, Dewi Rosmala, Ardy M. Ramdhanial (2013) dengan judul Aplikasi Pembelajaran Alat Musik Gitar Menggunakan Model Skenario Multimedia Interaktif Timeline Tree.*** Gitar merupakan alat musik yang mudah untuk dipelajari, baik dengan mengikuti kursus gitar atau secara otodidak. Dengan mengikuti

kusrus pelajar diberi pembekalan ilmu yang tepat sasaran sesuai dengan kemampuan. Berbeda dengan belajar secara otodidak dimana pembelajar mencari dan mempelajari materi sendiri, sehingga apa yang dipelajari kurang tepat sasaran. Sebagai solusi alternatif pembelajaran gitar secara otodidak, dibuat aplikasi multimedia pembelajaran alat musik gitar. Aplikasi ini dibangun dengan menerapkan skenario multimedia interaktif timeline tree karena objek media pembelajaran yang ditampilkan mengandung *Synchronous* dan *Asynchronos Event* (Indrawati, Rosmala, & Ramdhanial, n.d.).

4. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh ***Surya, Hoga Saragih, Magit Fitroni dengan judul Pemanfaatan Metode Fuzzy Sugeno Dalam Pemilihan Rating Suplier pada pt. Pilaren***. Dalam dunia bisnis, proses pengambilan keputusan akan menjadi salah satu kunci yang mendasar dan penting dalam keberlangsungan perusahaan. Salah satu hal yang penting adalah dalam pemeliharaan supplier. Supplier merupakan mitra bisnis yang memegang peranan penting dalam menjamin ketersediaan bahan baku yang dibutuhkan. Biaya bahan baku merupakan salah satu komponan penting dalam biaya produksi. Oleh karena itu pemilihan suppiler merupakan keputusan yang sangat penting. Karena pemilihan supplier yang tepat dapat menurunkan biaya pembelian sehingga dapat meningkatkan keuntungan daya saing perusahaan. Ada beberapa teknik yang dapat membantu dalam pemilihan supplier secara cepat akurat dan efisien, diantaranya dengan menggunakan sistem komputerisasi, salah satunya adalah menggunakan *fuzzy*

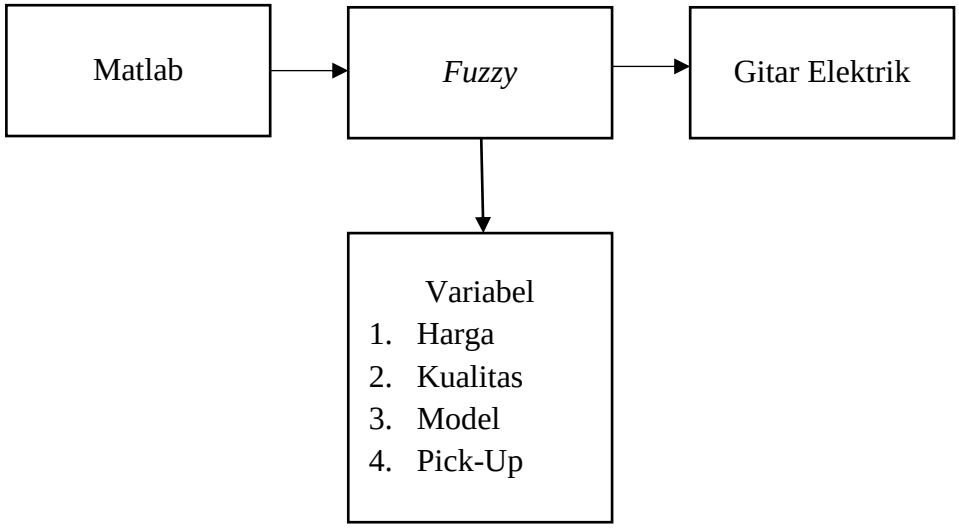
*logic*. metode ini merupakan salah satu alternatif dalam mengatasi masalah pemilihan supplier. Dalam penelitian ini sistem pengambil keputusan pemilihan supplier dilakukan dengan berbasis *Fuzzy Logic* Sugeno Orde 0. Untuk menentukan nilai rating terhadap penawaran yang ada maka ditetapkan beberapa variabel *Fuzzy*, himpunan *fuzzy* yang menjadi penentu, dimana nilai ini nantinya akan membantu dalam pengelompokan supplier sehingga dapat menentukan supplier terbaik yang sesuai terhadap penyediaan barang yang dibutuhkan (Saragih & Fitroni, 2016).

5. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh ***Ami Hilda Agustin, G.K Gandhiadi, Tjokorda Bagus Oka dengan judul Penerapan Metode Fuzzy Sugeno Untuk Menentukan Harga Jual Sepeda Motor Bekas*.** metode *fuzzy* Sugeno dapat diterapkan dalam menentukan harga jual sepeda motor bekas dengan variabel- variabel *input*, yaitu : tahun motor, kondisi fisik motor, plat nomor, dan harga beli motor. Perhitungan hasil dilakukan dengan menggunakan program Matlab R2009a, kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui keakuratan dari hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Nilai MAPE yang diperoleh sebesar 5,64%. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kesalahan dibawah 10%, sehingga dapat dikatakan hasil perhitungan tersebut sangat bagus. Dengan demikian, hasil dari perhitungan ini dapat digunakan oleh pemilik *dealer* sebagai alat bantu dalam menentukan harga jual sepeda motor bekas (Agustin, Gandhiadi, & Oka, 2016).

## 2.5 Kerangka Pemikiran

Kerangka berfikir adalah model konseptual tentang bagaimana teori hubungan dengan berfikir faktor yang telah didefinisikan sebagai masalah yang penting (Sugiyono, 2012:60).

Penelitian ini melalui tahap-tahap kegiatan yang tertuang dalam kerangka berfikir yang meliputi metode pengumpulan data dari input yaitu data-data yang akan diseleksi ke dalam logika *fuzzy* kemudian *outputnya* hasil dari data-data yang telah di *input* yaitu menentukan pola menu makanan bergizi pada balita. Kerangka pemikiran pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:




**Gambar 2. 17** Kerangka Pemikiran
**Sumber: Data penelitian (2018*)***

Matlab adalah bahasa pemograman tingkat tinggi dimana arti perintah dan fungsi-fungsinya bisa dimengerti dengan mudah dan dapat dipahami. Matlab berfungsi untuk memecahkan masalah dan memberikan solusi yang bisa diekspresikan dalam notasi matematis yang bisa dipakai. *Fuzzy logic* merupakan

salah satu komponen pembentuk *soft computing.* Sebuah aplikasi matlab telah menyediakan *fuzzy logic toolbox* yang berisi kumpulan fungsi-fungsi siap pakai untuk rancang bangun sistem *fuzzy,* dimana *fuzzy* tersebut akan memetakan sebuah data yaitu input dan output. Input yang akan dimasukkan yaitu komponen-komponen gitar. Komponen gitar diatas disebutkan sebagai variabel. Setelah input dimasukkan ke aplikasi matlab menggunakan *fuzzy logic,* maka akan keluar output dari komponen gitar tersebut yaitu gitar terbaik yang akan dipilih konsumen.