BAB II
KAJIAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar

2.1.1 Kecerdasan Buatan

Menurut (Budiharto, 2014; 2-3) *Artificial inteligence* atau kecerdasan buatan merupakan bidang ilmu komputer yang mempunyai peranan 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. Kata *intelligence* berasal dari bahasa latin *intelligo* yang berarti "saya paham". Jadi, dasar *intelligence* adalah kemampuan memahami dan melakukan aksi. Sebenarnya, area kecerdasan buatan (*Artificial intelligence*), bermula dari kemunculan komputer sekitar tahun 1940-an, meskipun sejarah perkembangannya dapat dilacak hingga zaman mesin kuno. Pada masa sekarang, difokuskan pada kemampuan komputer untuk mengerjakan sesuatu yang dapat dilakukan oleh manusia. Dalam hal ini, komputer tersebut dapat meniru kemampuan kecerdasan dan perilaku manusia.

AI *(Artificial Intelleigence)* mencakup bidang yang sangat besar. Mulai dari yang paling umum hingga khusus. Dari *learning* atau *perception* hingga pada permainan catur, pembuktian teori matematika, menulis puisi, mengemudikan mobil dan melakukan diagnosa penyakit. AI *relevan* dengan berbagai macam *task* kecerdasan, AI merupakan sebuah ilmu yang *unirversal*.

2.1.2 Sistem Pakar

Menurut (Budiharto, 2014;13) Bidang ilmu ini mempelajari proses membangun sistem atau komputer yang memiliki keahlian memecahkan masalah. Selain itu, sistem pakar membantu komputer menggunakan penalaran dengan meniru atau dengan mengadopsi keahlian oleh pakar. Dengan sistem ini, permasalahan yang seharusnya diselesaikan oleh para pakar atau ahli, dapat diselesaikan oleh orang awam.

Sistem pakar dapat ditampilkan dengan lingkungan, yaitu dan lingkungan konsultasi *(runtime)* dan lingkungan pengembangan. Lingkungan ini dapat dipisahkan setelah sistem lengkap. Tiga komponen utama yang terlihat secara *virtual* disetiap sistem pakar.

1. Basis Pengetahuan

   Merupakan representasi pengetahuan dari seorang pakar yang diperlukan untuk memahami, memformulasikan, dan memecahkan masalah.

2. Mesin Inferensi

   Membuat inferensi yang memutuskan *rule-rule* mana yang akan digunakan.

3. Antarmuka Pengguna

   Merupakan bagaian dari sistem pakar yang berfungsi sebagai pengendali masukan dan keluaran.

Informasi dari pakar harus dijadikan pengetahuan bagi sistem pakar yang akan dikembangkan.

Menurut (T.sutojo, 2011; 13) Pada sistem pakar terdapat dua teknik inferensi yaitu *forward chaining* dan *backward chaining*.

1) Forward Chaining

Forward chaining adalah sebuah teknik pencarian yang dimulai dengan fakta yang diketahui, kemudian mencocokan fakta-fakta tersebut dengan bagian IF dari *rules* IF-THEN. Jika ada fakta yang cocok dengan bagian F, maka *rule* tersebut dieksekusi. Bila sebuah *rule* dieksekusi, maka sebuah fakta baru (bagian THEN) ditambahlan kedalam *database*. Metode pencarian yang digunakan adalah *Depth-first search(*DFS), *Breadth-first search*(BFS), atau *Best first search.*

2) Backward Chaining

Backward chaining adalah metode inferensi yang bekerja mundur ke arah kondisi awal. Proses diawali dari goal (yang berada dibagian THEN dari *rule* IF-THEN), kemudian pencarian mulai dijalankan untuk mencocokan apakah fakta-fakta yang ada cocok dengan premis-premis di bagian IF. Jika cocok, *rule* dieksekusi, kemudian hipotesis di bagian THEN ditempatkan di basis data sebagai fakta baru.

2.1.3 Jaringan Syaraf Tiruan

Menurut (Suyanto, 2014; 169-170) Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu upaya manusia untuk memodelkan cara kerja atau fungsi sistem syaraf manusia dalam melaksanakan tugas tertentu. Permodelan ini didasari oleh kemampuan otak manusia dalam mengorganisasikan sesl-sel penyusunan yang disebut *neuron*, sehingga mampu melaksanakan tugas-tugas tertentu, khususnya pengenalan pola dengan efektivitas yang sangat tinggi.

Menurut (T.sutojo, 2011: 283) Jaringan saraf tiruan adalah paradigma pengolahan informasi yang diilhami oleh sistem saraf biologis, seperti proses informasi pada otak manusia. Elemen kunci dari paradigma ini adalah struktur dari sistem pengolahan informasi yang terdiri dari sejumlah besar elemen pengolahan saling berhubungan (neuron), bekerja secara simultan dalam menyelesaikan masalah tertentu. Cara kerja JST seperti cara kerja manusia, yaitu belajar melalui contoh. Sebuah JST dikonfigurasikan untuk aplikasi tertentu, seperti pengenalan pola atau klasifikasi data, melalui proses pembelajaran. Belajar dalam sistem biologis melibatkan penyesuaian terhadap koneksi *synaptic* yang ada antar *neutron*, hal ini berlaku juga untuk JST.

2.1.4 Logika *Fuzzy*

Menurut (T.sutojo, 2011; 211-212) Prof.Lotfi A.Zadeh pertama kali memperkenalkan logika *fuzzy* pada tahun 1965. Teori himpunan *fuzzy* adalah dasar logika fuzzy. Secara bahasa, "*Fuzzy*" berarti kabur atau samar. Dalam logika klasik dinyatakan bahwa segala Sesuatu bersifat biner, yang artinya adalah hanya memiliki dua kemungkinan, "Ya atau Tidak", "Baik atau Buruk", dan lain-lain. Oleh karena itu, semua ini dapat mempunyai nilai keanggotaan 0 atau 1. Akan tetapi, dalam logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan berada diantara 0 dan 1. Artinya bisa saja suatu keadaan mempunyai dua nilai "Ya dan Tidak". "Benar dan Salah", "Baik dan Buruk" secara bersamaan, namun besar nilainya tergantung pada bobot keanggotan yang dimilikinya.

2.1.4.1 Himpunan fuzzy

Menurut (Sri Kusumadewi, 2010; 3-8) 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.

Jika diketahui:

S = {1, 2, 3, 4, 5, 6} adalah semesta pembicaraan.

A = {1, 2, 3}

B = {3, 4, 5}

Bisa dikatakan bahwa:

1. Nilai keanggotaan 2 pada himpunan A, $\mu_A(2) = 1$, karena 2 € A.
2. Nilai keanggotaan 3 pada himpunan A, $\mu_A(3) = 1$, karena 3 € A.
3. Nilai keanggotaan 4 pada himpunan A, $\mu_A(4) = 0$, karena 4 € A.
4. Nilai keanggotaan 2 pada himpunan B, $\mu_B(2) = 0$, karena 2 € B.
5. Nilai keanggotaan 3 pada himpunan B, $\mu_B(3) = 1$, karena 3 € B.

Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut, yaitu :

1. Penamaan suatu kelompok yang mewakili keadaan atau kondisi tertentu menggunakan bahasa alami disebut linguistik.

2. Suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel disebut numerik

Ada beberapa hal yang perlu di ketahui dalam sistem *fuzzy*, yaitu:

1. Variabel *fuzzy*

Veriabel *fuzzy* merupakan yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: temperatur, permintaan dan umur sebagainya.

2. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

3. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah seluruh nilai yang diizinkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*.

4. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

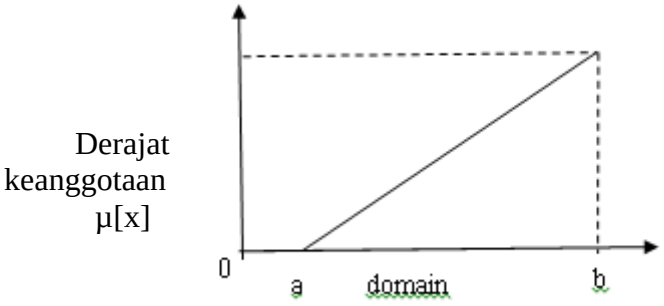
2.1.4.2 Fungsi Keanggotaan

Menurut (Sri Kusumadewi, 2010: 8-23) Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang dapat digunakan antara lain:

1. Representasi Linear

a. Representasi Linear Naik

Pemetaan input ke tingkat keanggotaan digambarkan sebagai garis lurus. Representasi fungsi keanggotaan untuk naik linear adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Representasi Linear Naik

Fungsi Keanggotaan:

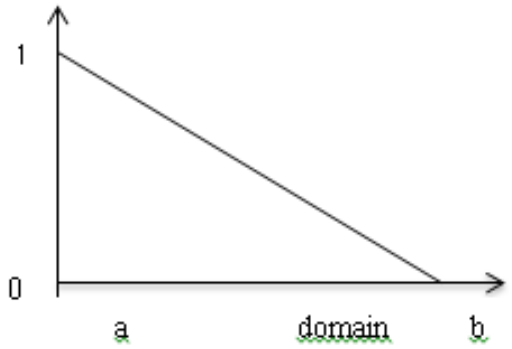
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Rumus 2. 1 Representasi Linear Naik

b. Representasi Linear Turun

Reprensentasi ini adalah invers pertama. Sebuah garis lurus dimulai dari nilai domain dengan tingkat keanggotaan tertinggi di sebelah kiri. Kemudian bergerak ke nilai domain yang memiliki tingkat keanggotaan yang lebih rendah.

Representasi fungsi keanggotaan untuk linear turun adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Representasi Linear Turun

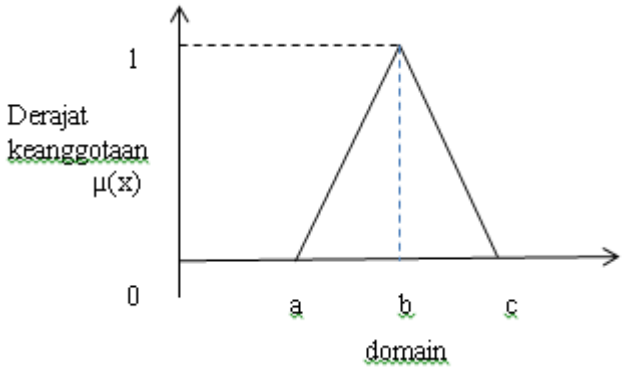
Fungsi Keanggotaan:

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

Rumus 2.2 Representasi Linear Turun

2. Representasi Kurva Segitiga

Representasi dari kurva segitiga ini pada dasarnya adalah kombinasi dari dua baris (linear).



Gambar 2. 3 Kurva Segitiga

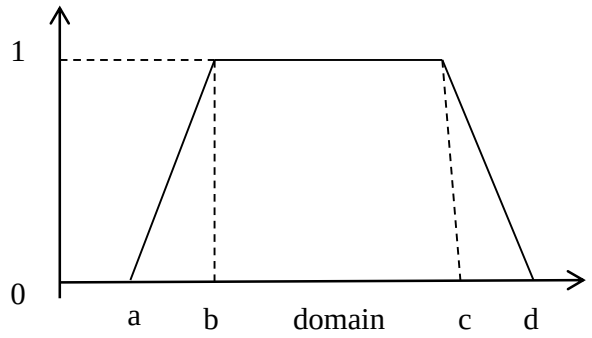
Fungsi keanggotaan:

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

Rumus 2.3 Kurva Segitiga

3. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, tetapi hanya ada beberapa poin yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2. 4 Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan:

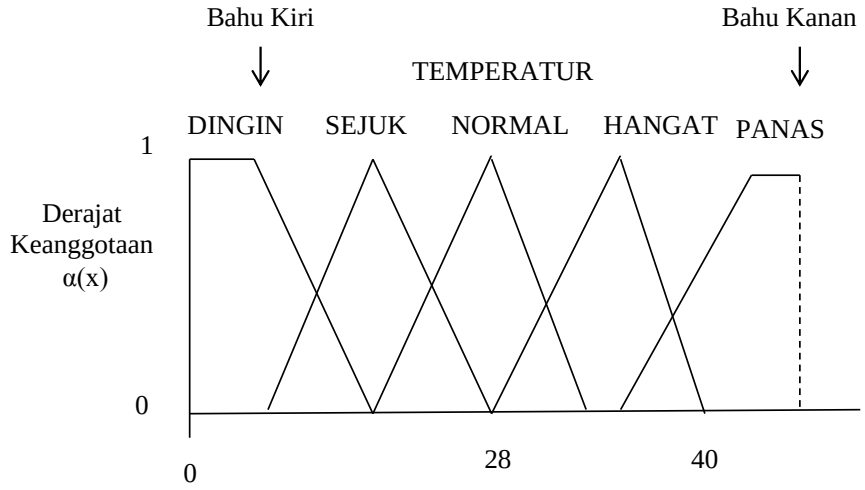
$$\alpha(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d - x)/\,(d - c); & x \geq d \end{cases}$$

Rumus 2.4 Kurva Trapesium

4. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak ditengah-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 peubah suatu daerah *Fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, sebaliknya bahu kanan bergerak dari salah ke benar.



Gambar 2. 5 Kurva Bentuk Bahu

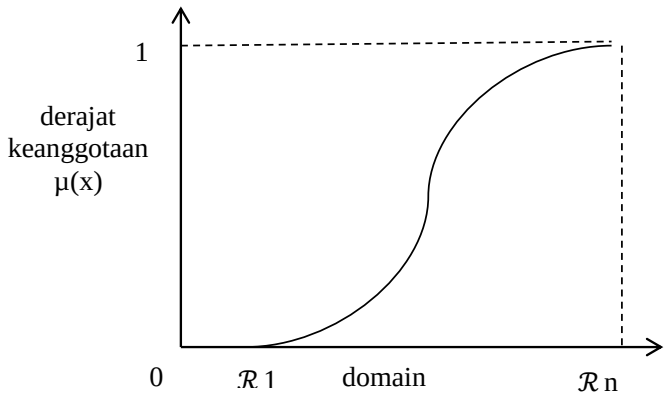
5. Representasi Kurva-S

Kurva-S memiliki nilai penurunan atau kenaikan yang tak *linear*. Ada dua representasi kurva-S, yaitu kurva PERTUMBUHAN dan PENYUSUTAN. Kurva-S didefinisikan menggunakan 3 parameter, yaitu: nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan lengkap (γ) dan titik *infleksi* atau *crossover* (β) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar.

a) Representasi Kurva-S PERTUMBUHAN

Kurva-S PERTUMBUHAN akan bergerak dari sisi paling kiri dengan nilai keanggotaan nol (0) ke sisi paling kanan dengan nilai keanggotaan satu (1).

Fungsi keanggotaannya akan bertumpu pada 50% nilai keanggotaannya yang sering disebut titik *infleksi*.



Gambar 2. 6 Karakteristik Fungsi Kurva-S PERTUMBUHAN

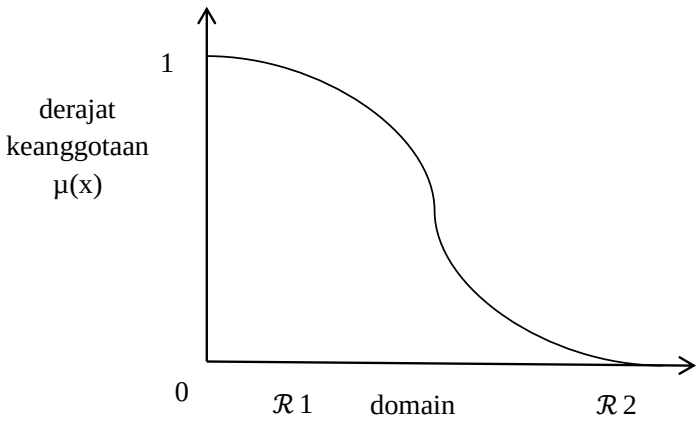
Fungsi keanggotaan:

$$s(x:\alpha,\beta,\gamma)\begin{cases} 0 & \rightarrow x \leq \alpha \\ 2((x-\alpha)/(\gamma-\alpha))2 & \rightarrow \alpha \leq x \leq \beta \\ 1-2((\gamma-x)/(y-\alpha))2 & \rightarrow \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & \rightarrow x \geq \gamma \end{cases}$$

Rumus 2.5 Kurva- S Pertumbuhan

b) Representasi Kurva-S PENYUSUTAN

Kurva-S PENYUSUTAN merupakan kebalikan dari Kurva-S PERTUMBUHAN. Nilai keanggotaannya akan bergerak dari sisi kiri dengan nilai keanggotaan satu (1) ke sisi kanan dengan nilai keanggotaan nol (0).



Gambar 2. 7 Karakteristik Fungsi Kurva-S PENYUSUTAN

Fungsi keanggotaan:

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

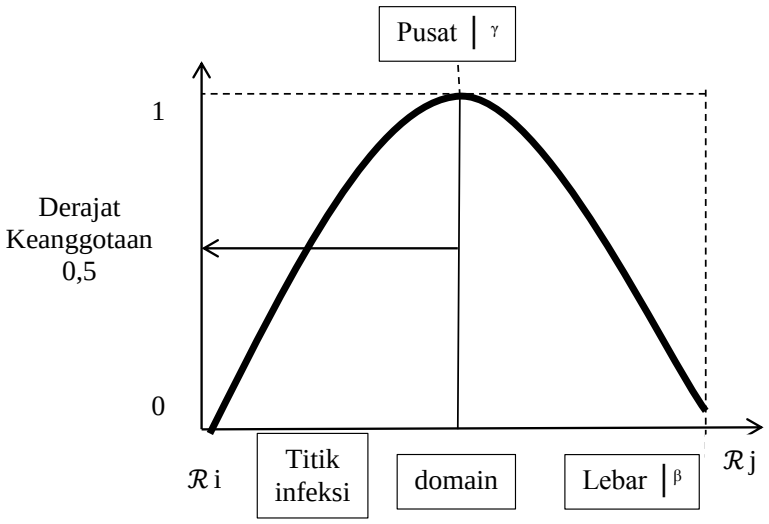
Rumus 2.6 Kurva- S Penyusutan

6. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (*Bell Curve*)

Untuk merepresentasikan himpunan *Fuzzy*, biasanya digunakan kurva bentuk lonceng. Kurva bentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu: Kurva π, BETA, dan GAUSS. Perbedaan ketiga kurva ini terletak pada gradiennya.

a) Kurva π

Kurva π berbentuk lonceng dengan derajat keangotaan 1 terletak pada pusat dengan *domain* (γ), dan lebar kurva (β).



Gambar 2. 8 Karakterisitik Fungsional Kurva π

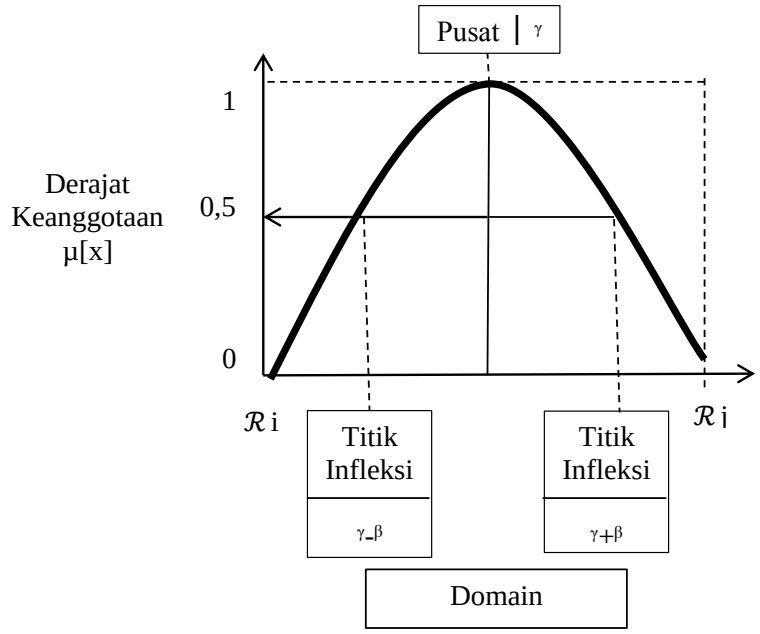
Fungsi Kenggotaan:

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

Rumus 2.7 Karakteristik Fungsional Kurva π

b) Kurva BETA

Seperti halnya Kurva-π, kurva BETA juga berbentuk lonceng namun lebih rapat. Kurva ini didefinisikan dengan 2 parameter, yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva dengan *domain*(γ) dan setengah lebar kurva (β).



Gambar 2.9 Karakteristik Fungsional Kurva BETA

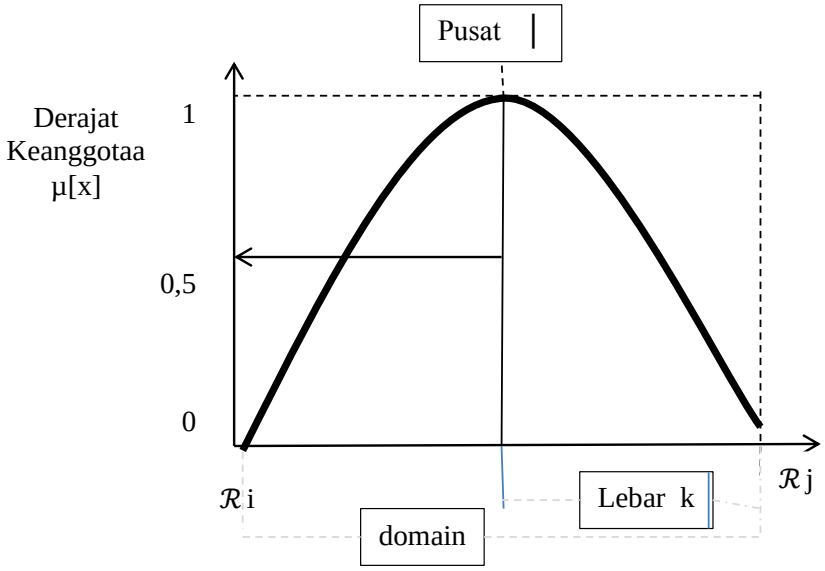
Fungsi Keanggotaan:

$$\mathbf{B(x; y, \beta)} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1}+\left(\frac{\mathbf{x}-\mathbf{y}}{\boldsymbol{\beta}}\right)}$$ **Rumus 2.8** Kurva BETA

Salah satu perbedaan mencolok Kurva-BETA dari Kurva- π adalah fungsi keanggotaannya akan mendekati nol hanya jika nilai (β) sangat besar.

c) Kurva GAUSS

Kurva GAUSS menggunakan (γ) untuk menunjukkan nilai domain pada pusat kurva, dan (k) yang menunjukkan lebar kurva.



Gambar 2. 10 Karakterisitik Fungsional Kurva GAUSS

Fungsi Keanggotaan:

$$G(x; k, \gamma) = e^{-k(y-x)}$$ **Rumus 2.9** Kurva GAUSS

2.1.4.3 Operator Operasi Himpunan *Fuzzy*

Menurut (Sri Kusumadewi, 2010; 23-25) Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan *memodifikasi* himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama *fire strength* atau α-predikat .

Ada tiga operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu:

1. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan α-predikat. Sebagai hasil operasi dengan operator *AND* diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$\mu A \cap B = \min(\mu A[x], \mu B[y])$ **Rumus 2.10** Operator AND

2. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. α- predikat sebagai hasil operasi dengan operator *OR* diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$\mu AUB = \max(\mu A[x], \mu B[y])$ **Rumus 2.11** Operator OR

3. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. α predikat sebagai hasil operasi dengan operator *NOT* diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dr 1.

$\mu A' = 1 - \mu A[x]$ **Rumus 2.12** Operator NOT

2.1.4.4 Penalaran Monoton

Menurut (Sri Kusumadewi, 2010; 25-26) Metode penalaran monoton digunakan sebagai dasar untuk teknik implikasi *fuzzy*. Meskipun penalaran ini jarang digunakan, tetapi kadang masih digunakan untuk penskalaan *fuzzy*.

Jika dua daerah *fuzzy* direlasikan dengan implikasi sederhana sebagai berikut:

IF x is A THEN y is B

Transfer Fungsi :

$y = f((x,A),B)$

Maka sistem *fuzzy* dapat berjalan tanpa harus melalui komposisi dan dikomposisi *fuzzy*. Nilai *output* dapat diestimasi secara langsung dari nilai keanggotaan yang berhubungan dengan antesedennya. Misalkan ada 2 himpunan *fuzzy*: TINGGI (menunjukkan tinggi badan orang Indonesia) dan BERAT (menunjukkan berat badan orang Indonesia).

Relasi antara kedua himpunan diekspresikan dengan aturan tunggal sebagai berikut:

IF Tinggi Badan is TINGGI THEN Berat Badan is BERAT

Implikasi secara monoton akan menyeleksi daerah *fuzzy* A dan B dengan algoritma sebagai berikut:

1. Untuk suatu elemen x pada domain A, tentukan nilai keanggotaannya dalam daerah *fuzzy* A, yaitu: $\mu_A(x)$;
2. Pada daerah *fuzzy* B, nilai keanggotaan yang berhubungan dengan tentukan permukaan *fuzzy*-nya. Tarik garis lurus ke arah domain.

   Nilai pada sumbu domain, y, merupakan solusi dari fungsi implikasi tersebut dapat di tuliskan:

   $y_B = f(\mu_A(x), D_B)$

2.1.4.5 Fungsi Implikasi

Menurut (Sri Kusumadewi, 2010; 28-29) Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi merupakan :

IF x is A THEN y is B

Dengan x dan y adalah skalar, A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai anteseden sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut sebagai konsekuen.

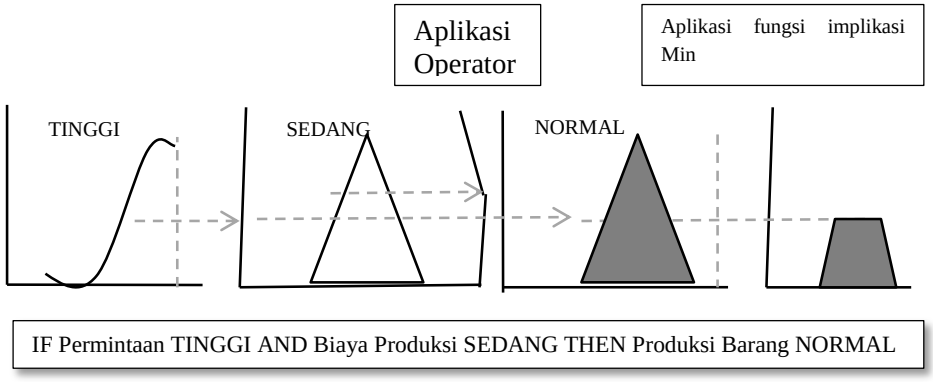
Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy*, seperti:

IF (x_1 is A_1) ○ (x_2 is A_2) ○(x_3 is A_3) ○ ..... ○ (x_N is A_N) THEN y is B

dengan ○ adalah operator (misal: OR atau AND).

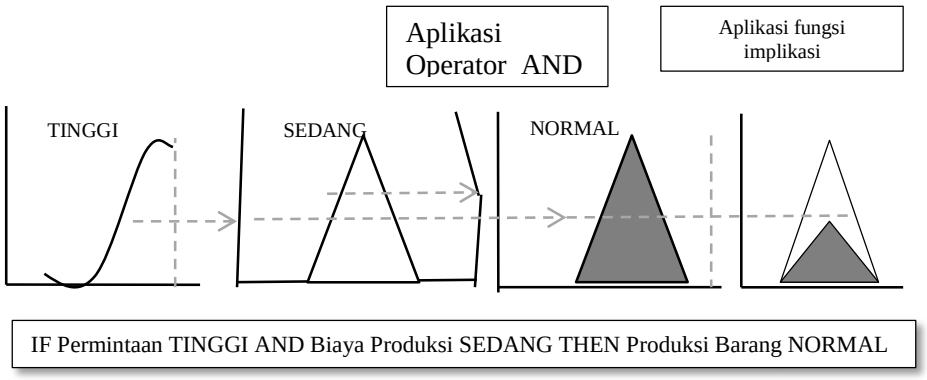
Secara umum, ada 2 fungsi implikasi yang dapat di gunakan, yaitu:

1. Min *(minimum)*. Fungsi ini akan memotong output himpunan *fuzzy*.



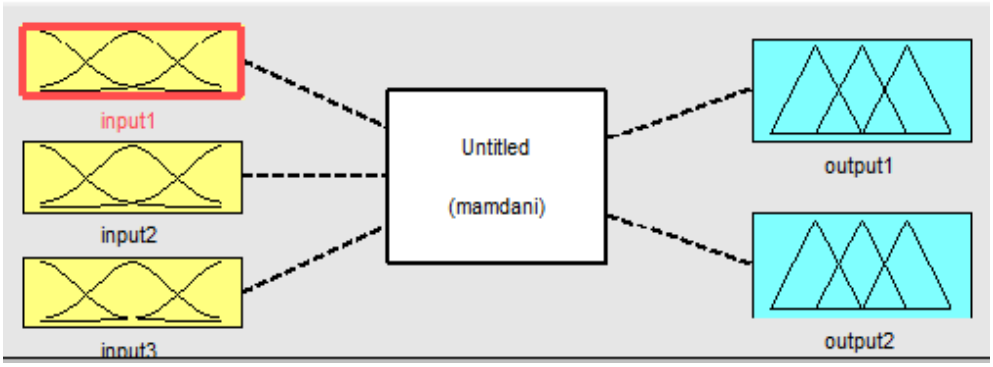
Gambar 2. 11 Fungsi Implikasi MIN

2. Dot (*product*), fungsi ini akan menskala *output* himpunan *fuzzy*.



Gambar 2. 12 Fungsi Implikasi DOT

2.1.4.6 Sistem inferensi *fuzzy*



Gambar 2. 13 FIS Editor

Menurut (Sri Ksumadewi, 2010;30) Terdapat beberapa jenis Sistem Inferensi *Fuzzy* yang dikenal yaitu Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. Disini peneliti hanya membahas metode mamdani berikut penjelasannya:

2.1.4.7 Metode Mamdani

Metode Mamdani sering dikenal sebagai Metode *Max-Min*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *output*, diperlukan empat tahap.

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

   Pada metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

   Untuk metode Mamdani, fungsi implikasi yang dipakai adalah *Min*.

3. Komposisi Aturan

   Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan.

Ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu: *max*, *additive* dan *probabilistik* OR (*probor*) berikut penjelsannya:

a. Metode *Max* (*Maximum*)

   Solusi himpunan kabur diperoleh dengan mengambil nilai maksimum dari aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan menerapkannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika semua proposisi dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari setiap proposisi. Secara umum dapat ditulis:

   $\mu_{sf}(xi) = \max(\mu_{sf}(xi), \mu_{kf}(xi))$ **Rumus 2.13** Metode MAX

   Dengan:

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i;

misalkan aturan (proposisi) sebagai berikut:

[R1] IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan NAIK THEN Produksi Barang BERTAMBAH;

[R2] IF Biaya Produksi STANDAT THEN Produksi Barang NORMAL;

[R3] IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan TURUN THEN Produksi Barang BERKURANG;

b. Metode *Additive (Sum)*

Solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

$\mu_{sf}(x_i) = \min(1, \mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i)$ **Rumus 2.14** Metode *Additive*

Keterangan: $\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampau aturan ke-i;

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i;

c. Metode Probabilistik OR (Probor)

Solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

$\mu_{sf}(x_i) = \mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i)) - (\mu_{sf}(x_i) *$ **Rumus 2.15** Metode *Probor*

Keterangan: $\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i;

4. Penegasan (defuzzifikasi)

Input dari proses *defuzzifikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Ada beberapa metode *defuzzifikasi* pada komposisi aturan Mamdani, antara lain:

a. Metode *Centroid* (*composite moment*)

Metode ini disebut juga sebagai *center of area* atau *center of gravity*. Metode ini merupakan metode yang paling penting.

Untuk variabel kontinu

$$z * \frac{\int_z z\mu(z)dz}{\int_z \mu(z)\, dz}$$ **Rumus 2.16** Defuzifikasi Centroid Kontinu

Untuk variabel Diskrit

$$\mathbf{z} * = \frac{\sum_{j=1}^{n} z\, j\mu(zj)}{\sum_{j=1}^{n} \mu(zj)}$$ **Rumus 2. 17** DefuzifIkasi

b. Metode Bisektor

Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.

c. Metode *mean of maximum* (MOM)

Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki keanggotaan maksimum.

d. Metode *Largest Of Maximum* (LOM)

Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. Metode *Smallest Of Maximum* (SOM)

Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.2 Variabel

Menurut (Sugiyono, 2014; 23) Variabel penelitian pada dasarnya adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya. Secara teoritis variabel dapat di definisikan sebagai *atribut* seseorang atau obyek , yang mempunyi "variasi " antara satu orang dengan yang lain.

Adapun Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ialah:

1. Harga

   Harga dapat diartikan sebagai jumlah uang (satuan moneter) atau aspek lain (non-moneter) yang mengandung kegunaan tertentu yang diperlukan untuk mendapatkan suatu produk. Harga merupakan satu-satu unsur bauran pemasaran yang memberikan pendapatan bagi organisasi (Gregorius chandra,2008). Harga sangat mempengaruhi kepuasan pelanggan, maka dari itu peneliti menjadikan harga sebagai variabel.

2. Pelayanan

   Pelayanan yang baik disuatu instansi merupakan faktor dasar yang mampu mempengaruhi tingkat kenyamanan pelanggan dan telah menjadi satu-satunya faktor dalam keberhasilan dan pertumbuhan suatu perusahaan.

(Lhaura, 2017). Pelayanan merupakan salah satu peran penting bagi suatu tempat yang melakukan transaksi penjualan.

3. Kualitas

   Kualitas dan benefits dari suatu produk atau jasa merupakan fokus perhatian konsumen. Kebutuhan konsumen yang terus meningkat dan didasari oleh tingkat kekritisan yang semakin tinggi, cenderung menuntut pelayanan secara pribadi dan ikut dilibatkan dalam pengembangan suatu produk atau jasa (Lhaura, 2017). Kualitas merupakan suatu tingkat baik atau buruknya atau taraf atau derajat sesuatu.

4. Kebersihan

   Kebersihan tempat merupakan hal yang sangat penting bagi suatu tempat pembelanjaan agar konsumen merasakan kenyamanan saat berbelanja.

2.3 Software Pendukung

Adapun software pendukung untuk penelitian ini ialah:

2.3.1 MATLAB

Menurut (Laksono, 2016;35) Matlab adalah analisis dan komputasi numerik dalam sebuah perogram serta merupakan suatu bahasa pemograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matrik. Pada awalnya, program ini merupakan *interface* untuk koleksi rutin-rutin numerik proyek LINPACK dan EISPACK dan dikembangkan menggunakan

bahasa Fortan. Namun sekarang program ini perupakan produk komersial dari perusahaan Mathworks, Inc, yang dalam perkembangan selanjutnya dikembangkan menggunakan bahasa C++ dan Asembler. Matlab telah berkembang menjadi sebuah *environment* pemograman yang canggih dan berisi fungsi-fungsi *built-in* untuk melakukan tugas pengolahan sinyal, aljabar linear dan kalkulasi matematis lainnya.

Gambar 2. 14 Software Matlab

2.3.2 Microsoft Excel 2010

Menurut (P, 2010;10) *Microsoft Excel* merupakan aplikasi bagian dari *Microsoft Office* yang paling populer digunakan saat ini. Aplikasi ini digunakan untuk mengolah kata, mulai dari pembuatan surat, laporan kerja, naskah dan masih banyak lagi, terlebih lagi dengan hadirnya versi terbaru, *Microsoft Excel* 2010 versi terbaru hadir untuk memantapkan kinerja program dengan menambahkan fitur-fitur, fasilitas dan fungsi sehingga memberi kenyamanan bagi pengguna.

Gambar 2. 15 *Microsoft Excel* 2010

2.4 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu dalam penelitian ini akan di jabarkan jurnal dan beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya untuk mendukung pembahasan dalam penelitian ini.

1. (Martin,2018) "Model *Fuzzy* Mamdani Untuk Penilaian Tingkat Kepuasan Pelayanan Pengaduan Masyarakat" ISSN: 2355-6579. Kualitas pelayanan adalah salah satu keunggulan kompetitif, karena pelayanan yang baik adalah salah satu faktor dasar yang mampu mempengaruhi tingkat kenyamanan penerima layanan. Pelayanan publik oleh aparatur pemerintah dewasa ini masih banyak dijumpai kelemahan, sehingga belum dapat memenuhi kualitas yang diharapkan masyarakat. Penelitian ini ditujukan untuk melihat seberapa besar kepuasan pelayanan, dan pengaruh tingkat pelayanan terhadap tingkat kepuasan berdasarkan Logika *Fuzzy Inference System* Model Mamdani. Ada empat variabel *input* yang digunakan yaitu kejelasan informasi, kejelasan

persyaratan, kemampuan petugas dan ketersediaan sarana dan prasarana untuk menghasilkan output kepuasan pelayanan. Berdasarkan tahapan-tahapan menggunakan Logika *Fuzzy Inference System* Model Mamdani mulai dari pembentukan himpunan *fuzzy*, aplikasi fungsi impilkasi, komposisi aturan sampai proses penegasan (*defuzzyfikasi*), dapat dibuktikan adanya korelasi antara variabel-variabel *input* sehingga dapat menentukan *output* hasil kepuasan pelayanan.

2. (Lucky Lhaura Van Fc, 2017)" Analisis Kepuasan Pelanggan Terhadap Pelayanan Purnajual CV. Family Menggunakan Metode *Fuzzy-Logic*" ISSN: 2527-9866. Kualitas pelayanan yang baik di sebuah lembaga adalah faktor dasar yang mampu mempengaruhi tingkat kenyamanan pelanggan dan telah menjadi satu-satunya faktor keberhasilan dan pertumbuhan perusahaan. Penelitian ini melihat berapa banyak kepuasan konsumen dan pengaruh tingkat layanan dan harga jasa untuk tingkat kepuasan konsumen dalam penggunaan layanan pencetakan berdasarkan aplikasi fuzzy dalam Toolbox Matlab 3.6.0. Langkah yang dilakukan pada metode analitis yaitu 1) fuzzyfication 2) inferensi 3) *defuzzyfication*. Hasil dari pengolahan data, meliputi : *input* terdiri dari a) tingkat kualitas pelayanan didapat bilangan real 6,99 dengan domain [5 8] artinya variable tingkat pelayanan baik, b) tingkat harga dengan bilangan real 65,2 dengan domain [50 80] artinya tingkat harga produk/jasa murah. *Output* hanya satu yaitu tingkat kepuasan konsumen dengan bilangan real 550 yang artinya tingkat kepuasan konsumen sudah dapat dikatakan puas dengan domain [500 800].

3. (Ali Ikhwan, Mohammad Badri, Mega Andriani, Nurhadizah Saragih, 2019) ”Analisis Tingkat Kepuasan Pelanggan Menggunakan Fuzzy Mamdani (Studi Kasus: Busrain Bakery)” ISSN: 2615-3475 Ketatnya kondisi persaingan pasar mengharuskan setiap perusahaan berpacu supaya tetap eksis di pasar. Agar tetap dapat bertahan dalam persaingan pasar, perusahaan harus memperhatikan kepuasan pelanggan. Untuk mengukur kepuasan pelanggan, perusahaan senantiasa harus memperhatikan rasa makanan dan kualitas pelayanannya. Pengaruh rasa makanan dan kualitas pelayanan terhadap kepuasan pelanggan di Toko Busrain Bakery dianalisis menggunakan *fuzzy* Mamdani dengan bantuan *software* Matlab. Untuk mendapatkan *output* dilakukan beberapa tahapan dalam perancangan sistem, yaitu: pembentukan himpunan *fuzzy*, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan *defuzzifikasi*. Dapat diperoleh untuk *input* yang diberikan yaitu rasa makanan dengan nilai 8 dan domain [6 10]. Artinya, variabel Travel Satria Trans merupakan usaha yang bergerak dalam bidang jasa travel dan juga rental mobil. Supaya dapat terus berkembang dan dapat bersaing di dunia bisnis Satria Trans perlu memberikan pelayanan yang terbaik kepada pelanggan. Kriteria yang menjadi prioritas utama untuk diperbaiki dan peningkatan kualitas pelayanan jasa adalah dimensi *Tangibles*. Hasil penilitian menunjukkan nilai gap negatif adalah -0,912, artinya harapan pelanggan masih belum tercapai. Hasil perhitungan Indeks Kepuasan Pelanggan (IKP) sebesar 83,76%. Berdasarkan hasil tersebut dapat dijadikan motivasi untuk terus meningkatkan kualitas pelayanan terhadap pelanggannya.rasa makanan

enak. Dari input kualitas pelayanan diperoleh nilai 7 dengan domain [3 7]. Artinya, variabel kualitas pelayanan cukup baik. Dari *input* yang diberikan diperoleh *output* tingkat kepuasan konsumen sebesar 85,96% yang berarti bahwa pelanggan puas dengan rasa makanan dan kualitas pelayanan yang diberikan oleh Toko Busrain Bakery

4. (Indah Febriyani, 2018)" Tingkat Kepuasan Mahasiswa Terhadap Kinerja Dosen Menggunakan Fuzzy Logic (Studi Kasus Di Sttind Padang)" ISSN : 2615-2827. Dalam pendidikan tinggi, dosen memegang peranan yang penting dalam menghasilkan lulusan yang berkualitas dan terampil. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengukuran untuk mengetahui kepuasan mahasiswa terhadap kinerja dosen yang ada di Kampus STTIND Padang. Untuk menentukan tingkat kepuasan mahasiswa dilakukan observasi dan penyebaran kuisioner kepada responden. Kuisioner sebagai alat untuk mengumpulkan data dan metode yang digunakan dalam mengukur tingkat kepuasan mahasiswa terhadap kinerja dosen adalah Fuzzy Logic metode Mamdani yang diimplementasikan melalui software Matlab 6.1. Hasilnya menunjukkan bahwa mahasiswa sudah cukup puas terhadap kinerja dosen di Prodi Teknik Pertambangan STTIND Padang. Dengan menggunakan Fuzzy Logic dapat menghasilkan informasi kinerja seorang dosen dalam mengajar dan dapat dijadikan sebagai evaluasi untuk meningkatkan kinerja dosen di masa yang akan datang.
5. (Hesti Sholikah 1, Syahroni Wahyu Iriananda2, 2017)" Analisis Kepuasan Pelanggan Travel Menggunakan Metode Fuzzy Service Quality" ISSN :

2541-6448. Travel Satria Trans merupakan usaha yang bergerak dalam bidang jasa travel dan juga rental mobil. Supaya dapat terus berkembang dan dapat bersaing di dunia bisnis Satria Trans perlu memberikan pelayanan yang terbaik kepada pelanggan. Untuk mengukur kualitas pelayanan dapat menggunakan metode metode Fuzzy-Servqual. Kriteria yang menjadi prioritas utama untuk diperbaiki dan peningkatan kualitas pelayanan jasa adalah dimensi Tangibles. Hasil penilitian menunjukkan nilai gap negatif adalah -0,912, artinya harapan pelanggan masih belum tercapai. Hasil perhitungan Indeks Kepuasan Pelanggan (IKP) sebesar 83,76%. Berdasarkan hasil tersebut dapat dijadikan motivasi untuk terus meningkatkan kualitas pelayanan terhadap pelanggannya.

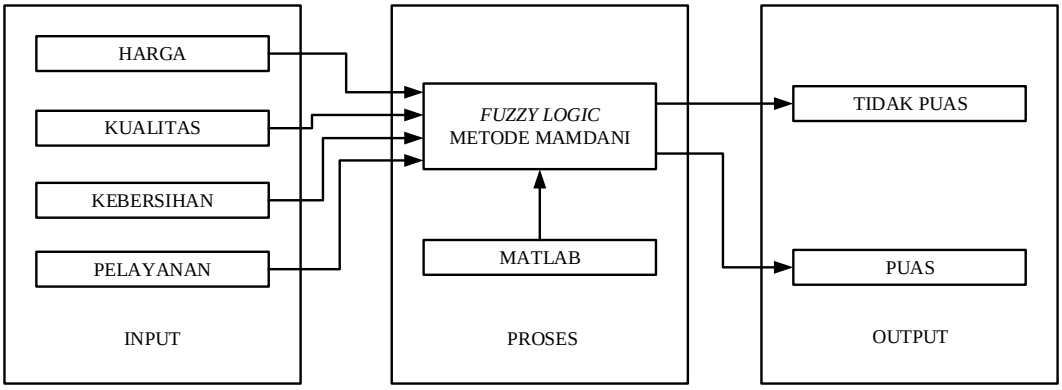
6. (Suwadnyana, Budi; Bagus Ariana, 2013)'' *Fuzzy Inference* Sistem Mamdani Untuk Penentuan Kredit Pada KPN Estika Dewata'' ISSN: 2089-8673. Masalah pemberian kredit kelayakan tidak jelas karena tidak layak untuk menentukan apakah Master dapat ditentukan atau tidak. Tahap pemodelan dimulai dengan proses Fuzzyfikasi maka fuzzy set perhitungan, proses inferensia dan proses defuzzyfication. Variabel gaji pemohon dibagi menjadi gaji rendah, sedang dan tinggi, variabel kredit dibagi menjadi kredit rendah, menengah dan tinggi, kembali periode variabel waktu dibagi menjadi cepat, moderat, dan periode pengembalian lambat. Proses inferensi menggunakan metode Mamdani. Proses TER adalah defuzzyfication, dengan *output* dari nilai kelayakan kredit. Variabel kelayakan kredit dibagi menjadi tidak layak,

layak dan sangat layak. Pengembangan pemodelan sistem menggunakan Matlab fuzzy Toolbox. Pemodelan sistem percobaan

7. (Halim, Sim, Gabyola, & Hartono, 2015) ''Mengukur Tingkat Reusability dan Efficiency dari Kode Program dengan Pendekatan Fuzzy Logic'' ISSN: 2087-2658. Kode program adalah salah satu output dalam proses pengembangan sistem. Kualitas kode program dapat digunakan untuk mewakili kualitas sistem secara keseluruhan. Salah satu cara untuk mengukur kualitas program adalah dengan menghitung nilai kualitas metrik. Nilai metrik kualitas sulit dipahami karena memiliki arti sendiri dan tidak berarti. Dalam studi ini, faktor kualitas eksternal dalam bentuk usabilitas dan efisiensi diukur melalui pendekatan logika Fuzzy dari mamdani. Input logika Fuzzy berasal dari hasil perhitungan CK metrik kode program berorientasi objek. Output dari aplikasi penelitian ini mampu menghitung nilai metrik kualitas eksternal dengan menghasilkan nilai kuantitatif dan kualitatif dari kode program, sehingga dapat digunakan untuk membandingkan dua atau lebih kode program.

2.5 Kerangka Pemikiran

Menurut (Sugiyono, 2014; 60) kerangka berfikir merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah di identifikasi sebagai masalah yang penting. Identifikasi masalah di bab 1 yaitu: Badan usaha memiliki kendala untuk memahami faktor apa yang sangat mempengaruhi akan kepuasan pelanggan, Kesulitan dalam memberikan pelayanan yang prima terhadap konsumen karena tidak memiliki nilai ukur.



Gambar 2. 16 Kerangka pemikiran

Berdasarkan Gambar 2.14 diatas, disimpulkan bahwa penelitian ini mempunyai 4 variabel *input* yaitu: harga, pelayanan, kualitas dan kebersihan. kemudian akan diolah menggunakan *fuzzy* logic dengan metode mamdani, kemudian di lanjutkan pada pemrosesan menggunakan aplikasi matlab R2013 maka hasil variabel output tidak puas dan puas.