

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar

Teori dasar adalah gambaran terhadap seperangkat kumpulan konsep atau konstruk, definisi, dan proposisi yang terkait secara sistematis untuk menjelaskan tentang suatu fenomena atau gejala. Logika *fuzzy*, salah satu cara pengambilan keputusan berbasis aturan yang bertujuan untuk memecahkan masalah, dimana sistem tersebut sulit untuk dimodelkan atau terdapat ambigu dan ketidakjelasan.

2.1.1 Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*)

Artificial intelligence dapat dikatakan kecerdasan yang dimasukkan ke dalam suatu mesin atau komputer agar dapat melakukan pekerjaan seperti manusia. Salah satu bidang yang menggunakan *Artificial intelligence* adalah logika *fuzzy*.

Menurut Budiharto dan Suhartono (2014: 2) Kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI) merupakan bidang ilmu komputer yang mempunyai peran penting di era kini dan masa yang akan datang.

Sedangkan menurut Suyanto (2011: 2) Sebagian kalangan menerjemahkan *Artificial Intelligence* sebagai kecerdasan buatan, kecerdasan *artificial*, *inteligensia artificial*, atau *intelijensia* buatan. Kecerdasan buatan juga

berdasarkan pemikiran bahwa komputer bisa melakukan penalaran secara logis dan juga bisa melakukan aksi secara rasional berdasarkan hasil penalaran tersebut.

2.1.2 Sistem Pakar

Menurut Putu Hendra Saputra (2012: 10) Sistem pakar terdiri dari dua bagian utama yaitu basis pengetahuan (*knowledge base*) dan penalaran (*reasoning*). *Knowledge base* dalam sistem pakar mengandung pengetahuan yang bersumber dari pengetahun seorang (atau sekelompok) pakar, buku, jurnal, dan sebagainya, yang berhubungan dengan bidang tertentu yang direpresentasikan dengan format tertentu yang dapat diterima oleh komputer. Pekerjaan pengumpulan dan representasi pengetahuan ini dilakukan oleh *knowledge engineer*. Sementara proses penalaran diimplementasikan berdasarkan konsep dan metode yang disesuaikan dengan kebutuhan atas pemecahan masalah yang dihadapi.

Pengetahuan dan informasi (fakta) tidak selalu seratus persen tepat. Bahkan sangat mungkin pada suatu kasus, pengetahuan yang diperoleh tidak lengkap. Untuk menghadapi ketidakyakinan atas suatu pengetahuan maupun fakta, suatu aturan (representasi atas pengetahuan) perlu diasosiasikan pada suatu *confident factor* atau suatu bobot tertentu. Metode paling naif dalam penalaran atas ketidakpsatian adalah metode *Certainty Factor (CF)*.

Sistem pakar berbasis aturan dapat dibangun dengan dua cara, yaitu dengan membangun sistem keseluruhan dari rancangan dasar menggunakan bahasa pemrograman atau membangunnya menggunakan perangkat lunak khusus yang disebut dengan "*tool*" atau "*shell*". *Shell* sistem pakar berbasis aturan merupakan

suatu sistem yang dibangun berdasarkan sekumpulan metode-metode penalaran tanpa tergantung pada domain tertentu. Membangun sistem pakar berbasis aturan menggunakan *shell* ini menawarkan keuntungan yang signifikan.

Sistem dapat dibangun untuk melakukan tugas tertentu (pada domain tertentu) dengan memasukkan pengetahuan yang dibutuhkan ke dalam *shell*. Mesin *inferensi* yang terinstalasi dalam *shell* akan mengolah pengetahuan tersebut untuk melakukan tugasnya. Dengan adanya *shell* ini, pembangunan sebuah sistem pakar dapat difokuskan pada pengumpulan dan representasi pengetahuan saja. Selain itu, *shell* sistem pakar dapat digunakan dalam pembelajaran bagaimana proses pemecahan masalah dilakukan melalui serangkaian inferensi simbolik.

Sistem pakar terdiri dari beberapa komponen sebagai berikut:

1 *User interface*

User-interface merupakan sebuah mekanisme bagaimana para pengguna berinteraksi dengan sistem pakar.

2 *Explanation facility*

Fasilitas ini memberikan informasi kepada pengguna mengenai jalannya penalaran sehingga dihasilkan suatu keputusan.

3 *Working memory*

Working-memory menyimpan fakta-fakta yang digunakan pada aturan selama proses penalaran berlangsung.

4 *Inference engine*

Inference-engine melakukan proses inferensi dengan cara memutuskan aturan mana yang memenuhi kondisi fakta atau objek, mempertimbangkan prioritas atas aturan-aturan yang memenuhi tadi, lalu mengeksekusi aturan yang memiliki prioritas tertinggi dari sederetan aturan tadi.

5 *Agenda*

Agenda berisi aturan-aturan yang memiliki prioritas yang dibuat oleh *inference engine*, di mana aturan-aturan tersebut dipilih (dibangkitkan) berdasarkan fakta-fakta yang diketahui yang memenuhi kondisi aturan tersebut.

6 *Knowledge acquisition facility*

Fasilitas ini mengakomodasi kebutuhan akan akuisisi dan representasi pengetahuan dengan cara yang lebih mudah dibandingkan dengan mengolah pengetahuan secara eksplisit dengan cara mengkode basis pengetahuan.

2.1.3 Jaringan Saraf Tiruan (JST)

Menurut Sari Indah Anatta Setiawan (2011: 23) Jaringan saraf tiruan (JST) (*artificial neural network (ANN)/ simulated neural network (SNN)/ neural network (NN)*) adalah jaringan yang terdiri atas sekelompok unit pemroses kecil yang dimodelkan berdasarkan jaringan saraf manusia.

Adapun alasan-alasan yang mendasari banyak peneliti mempelajari jaringan saraf tiruan adalah sebagai berikut:

- 1). Kemampuan untuk menyelesaikan data yang kompleks atau yang tidak tepat.

2). Kemampuan untuk menemukan pola (*pattern*) dan *trend* yang terlalu kompleks untuk dikenali oleh manusia atau teknik komputasi lainnya.

Terdapat beberapa kelebihan dari penerapan jaringan saraf tiruan, antara lain:

- a. Dapat menyelesaikan tugas yang tidak dapat dikerjakan oleh program linear.
- b. Saat sebuah elemen dari JST gagal, jaringan dapat terus berjalan tanpa masalah.
- c. Sebuah JST dapat belajar (dilatih) dan karenanya tidak perlu diprogram ulang.
- d. Dapat diterapkan pada sembarang aplikasi.
- e. Dapat diterapkan tanpa banyak kendala.

Namun, selain beberapa kelebihan yang telah disebutkan sebelumnya, penerapan jaringan saraf tiruan juga memiliki beberapa kekurangan, seperti berikut:

- a. JST memerlukan pelatihan (*training*) agar dapat beroperasi.
- b. Memerlukan waktu proses yang lama untuk jaringan yang besar.

Secara umum, arsitektur jaringan saraf tiruan dibedakan menjadi dua, yakni antara lain jaringan saraf *singlelayer* dan jaringan saraf *multi-layer*.

1. Jaringan saraf *single-layer*

- a. *Neuron-neuron* dikelompokkan menjadi dua bagian, yakni unit-unit *input* dan unit-unit *output*.

- b. Unit-unit *input* menerima masukan dari luar, unit-unit *output* mengeluarkan respon dari jaringan sesuai dengan masukannya.

2. Jaringan saraf *multi-layer*

- a. *Neuron-neuron* dikelompokkan menjadi tiga bagian, yakni unit-unit *input*, unit-unit *hidden*, dan unit-unit *output*.
- b. Jumlah unit-unit *hidden* tergantung pada kebutuhan. Semakin kompleks jaringan, unit-unit *hidden* yang dibutuhkan semakin banyak, demikian pula jumlah *layer*-nya.

2.1.4 Logika *Fuzzy*

Fuzzy logic, logika yang samar dan dapat diartikan pula sebagai suatu cara memetakan suatu ruang *input* dan ruang *output* yang dimiliki nilai selanjutnya. Sistem logika *fuzzy* mempunyai sifat yang mampu mengakomodasi ketidakpastian dalam proses akumulasi suatu data.

Menurut Suyanto (2011: 97) *Fuzzy logic* didefinisikan sebagai suatu jenis *logic* yang bernilai ganda dan berhubungan dengan ketidakpastian dan kebenaran parsial. Seperti pernah dibahas pada *propositional* dan *first-order logic*, objek dasar dari suatu *logic* adalah *proposition* (Proposisi) atau pernyataan yang menyatakan suatu fakta.

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2010: 1) Logika *fuzzy* merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zaedah pada tahun 1965. Dasar logika *fuzzy* 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.

2.1.4.1 Himpunan *Fuzzy*

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2010: 3) Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A [x]$, memiliki 2 kemungkinan, yaitu:

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

Kalau pada 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 keanggotaan *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 interpretasi 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 dua atribut, yaitu:

1. *Linguistik*, yaitu penamaan suatu grup yang memiliki suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa, seperti: muda, paruhbaya, tua.
2. *Numeris*, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 5, 10, 15, dan sebagainya.

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

1. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan suatu lambang atau kata yang menunjuk kepada suatu yang tidak tertentu dalam sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan.

2. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kumpulan yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh: variabel umur, terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu: muda, paruhbaya, dan tua, dan variabel temperatur, terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu: dingin, sejuk, normal, hangat, dan panas.

3. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif

maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

4. Domain

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

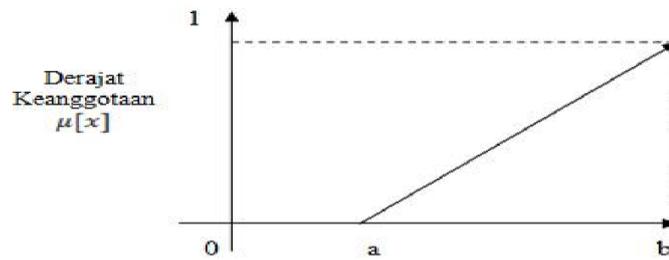
2.1.4.2 Fungsi Keanggotaan

Kusumadewi dan Purnomo (2013: 8-23) melaporkan 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. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan antara lain:

1. Representasi linear

a. Representasi linear naik

Pada representasi linear naik, pemetaan input kederajat keanggotaannya digambarkan sebagai sebuah garis lurus. Representasi fungsi keanggotaan untuk linear naik adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Representasi Linear Naik
Sumber: (Kusumadewi dan Purnomo,2013)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x, a, b] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & \text{jika } a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Rumus 2.1 Representasi Linear Naik

Keterangan rumus 2.1:

a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

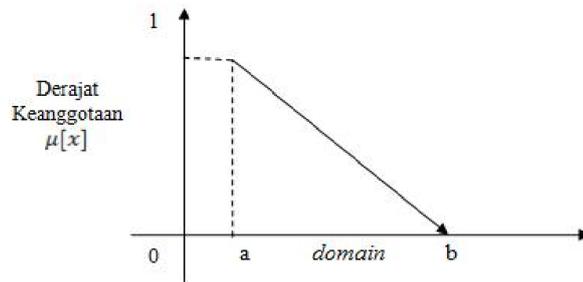
x = nilai input yang akan diubah kedalam bilangan *fuzzy*.

b. Representasi linear turun

Representasi ini merupakan kebalikan yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri.

Kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.

Representasi fungsi keanggotaan untuk linear turun adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Representasi Linear Turun
Sumber: (Kusumadewi dan Purnomo,2013)

Fungsi Keanggotaan:

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

Rumus 2.2 Representasi Linear Turun

Keterangan rumus 2.2:

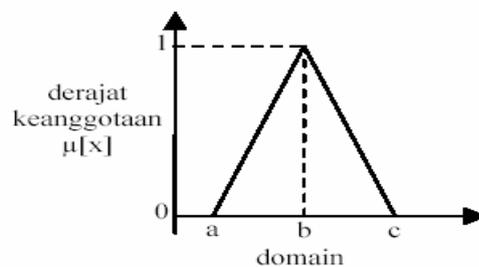
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan *fuzzy*

c. Representasi kurva segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis linear.



Gambar 2.3 Kurva Segitiga
Sumber: (Kusumadewi dan Purnomo,2013)

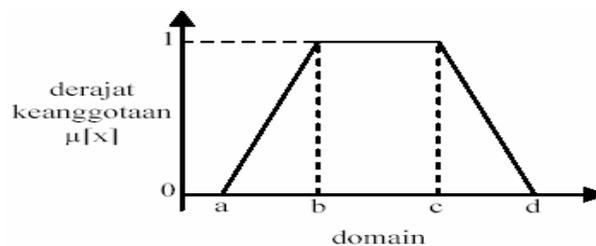
Fungsi Keanggotaan:

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

Rumus 2.4 Kurva Segitiga

d. Representasi kurva trapesium

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



Gambar 2.4 Kurva Trapesium

Sumber: (Kusumadewi dan Purnomo, 2013)

Fungsi keanggotaan:

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

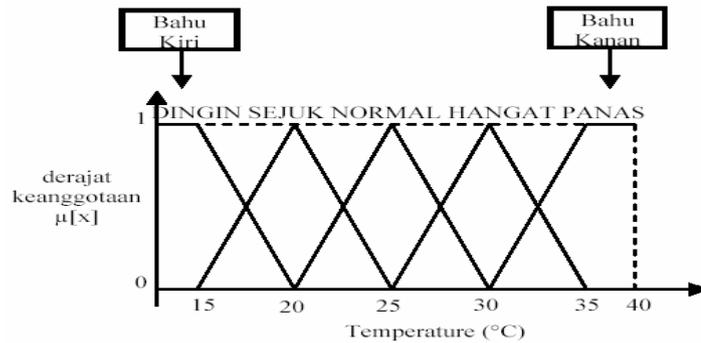
Rumus 2.5 Kurva Trapesium

e. 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.



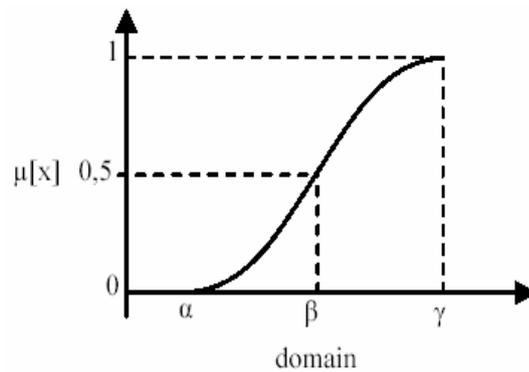
Gambar 2.5 Daerah Bahu pada Variabel Temperatur
Sumber: (Kusumadewi dan Purnomo,2013)

f. Representasi kurva-S

Kurva-S memiliki nilai kenaikan atau penurunan 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.

1. Representasi Kurva-S PERTUMBUHAN

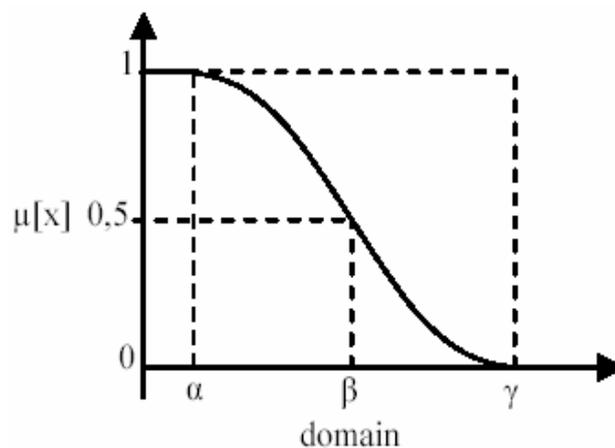
Kurva-S PERTUMBUHAN akan bergerak dari sisi paling kiri dengan nilai keanggotaan nol [0] ke sisi paling kanan dengan nilai keanggotaan satu (1). Fungsi keanggotaannya akan bertumpu pada 50% nilai keanggotaannya yang sering disebut titik *infleksi*.



Gambar 2.6 Karakteristik Fungsi Kurva-S PERTUMBUHAN
Sumber: (Kusumadewi dan Purnomo,2013)

2. 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
Sumber: (Kusumadewi dan Purnomo,2013)

Fungsi keanggotaan:

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

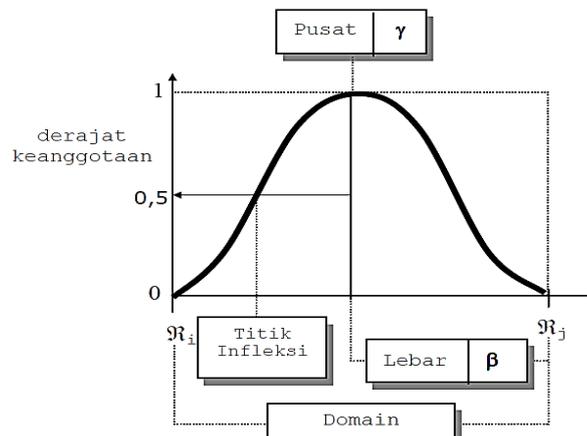
Rumus 2.6 Kurva-S PENYUSUTAN

g. 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.

1. Kurva π

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



Gambar 2.8 Karakteristik Fungsional Kurva π

Sumber: (Kusumadewi dan Purnomo, 2013)

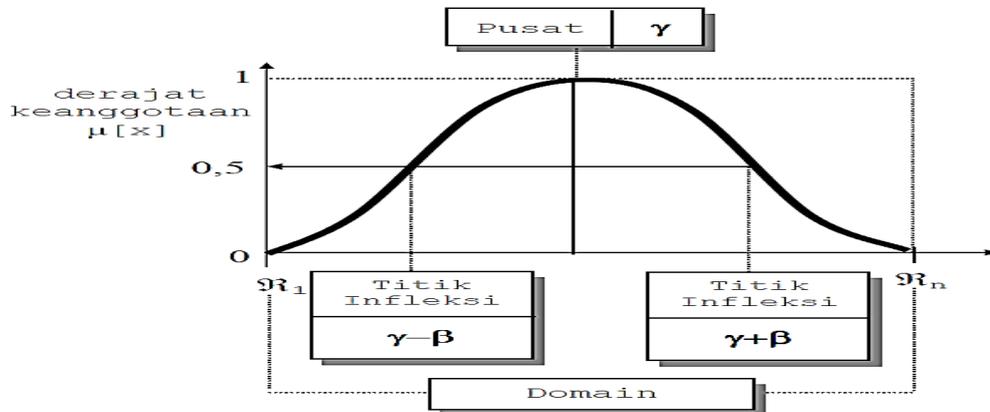
Fungsi Kenggotaan:

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

Rumus 2.7 Karakteristik Fungsional Kurva π

2. 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 $domain(\gamma)$, dan setengah lebar kurva (β).



Gambar 2.9 Karakteristik fungsional kurva BETA
Sumber: (Kusumadewi dan Purnomo,2013)

Fungsi Keanggotaan:

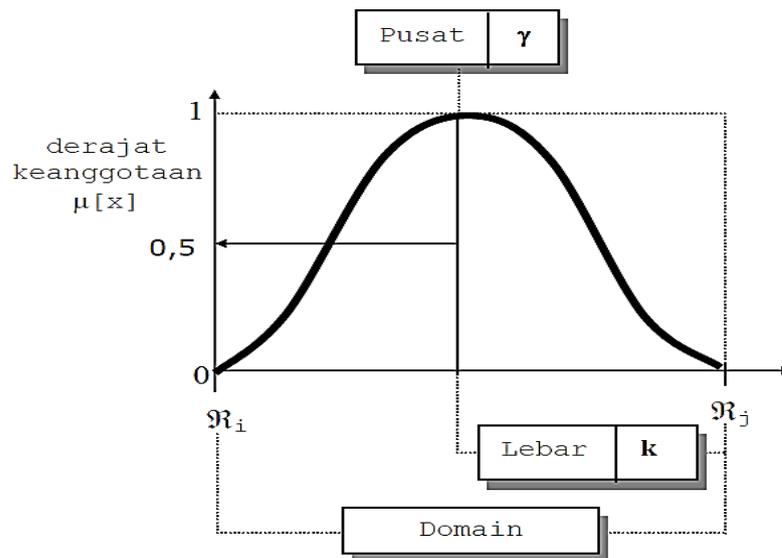
$$B(x; \gamma, \beta) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - \gamma}{\beta}\right)^2}$$

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.

3. Kurva GAUSS

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



Gambar 2.10 karakteristik fungsional kurva GAUSS
Sumber: (Kusumadewi dan Purnomo,2013)

Fungsi Keanggotaan:

$$G(x;k,\gamma)=e^{-k(\gamma-x)^2}$$

Rumus 2.9 kurva GAUSS

2.1.4.3 Operator Dasar Zadeh untuk Operasi Himpunan *Fuzzy*

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 3 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.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

Rumus 2.11 Operator *OR*

3. Operator *NOT*

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. μ -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*

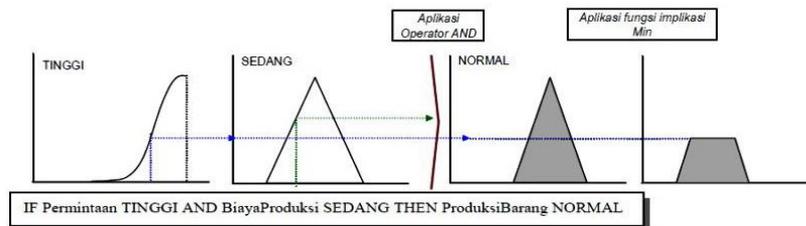
2.1.4.4 Fungsi Implikasi

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah : *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. Secara umum, ada 2 fungsi implikasi yang dapat di gunakan, yaitu (Yan, 1994):

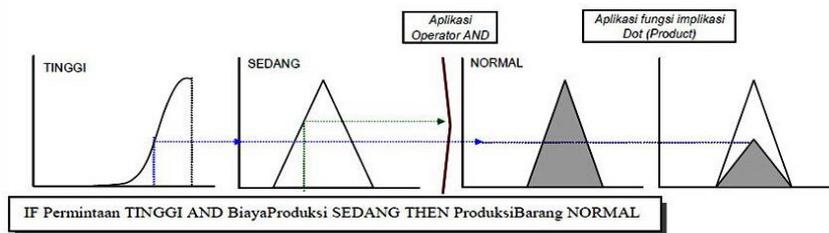
1. Min (*minimum*). Fungsi ini akan memotong output himpunan *fuzzy*.



Gambar 2.11 Fungsi Implikasi: *MIN*

Sumber: Buku Aplikasi Logika *Fuzzy* untuk Pendukung Keputusan, 2013:29

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



Gambar 2.12 Fungsi Implikasi: *DOT*

Sumber: Buku Aplikasi Logika *Fuzzy* untuk Pendukung Keputusan, 2013:2

2.1.4.5 Metode Tsukamoto

Kusumadewi dan Purnomo (2013: 31) menyimpulkan bahwa metode Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton, pada metode Tsukamoto setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-Then* harus di representasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton.

Sistem *Inferensi Fuzzy* merupakan suatu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk *IF-THEN*, dan penalaran *fuzzy*. Selama ini telah dikenal beberapa metode dalam *FIS*, seperti metode Tsukamoto, metode Mamdani dan metode Sugeno.

Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton. Sebagai hasilnya, keluaran hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*).

Hasil akhir menggunakan rata-rata terbobot. Bentuk model *fuzzy* Tsukamoto adalah :

IF (X IS A) and (Y IS B) Then (Z IS C)

Dimana A,B dan C adalah himpunan *fuzzy*. Misalkan diketahui 2 *rule* berikut:

IF (X is A1) AND (Y is B1) THEN (Z is C1)

IF (X is A2) AND (Y is B2) THEN (Z is C2)

Dalam inferensinya, metode Tsukamoto menggunakan tahapan berikut:

- 1) *Fuzzifikasi*
- 2) Pembentukan basis pengetahuan *Fuzzy* (*Rule* dalam bentuk *IF....THEN*)
- 3) Mesin Inferensi, menggunakan fungsi implikasi *Min* untuk mendapatkan nilai α -predikat tiap-tiap rule ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$) Kemudian masing-masing nilai α -predikat ini digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas (*crisp*) masing-masing *rule* (Z, z_2, z_3, \dots, z_n).
- 4) *Defuzzifikasi*

Menggunakan metode rata-rata (*Average*)

$$z^* = \frac{\sum \alpha_i z_i}{\sum \alpha_i}$$

Rumus 2.13 Metode rata - rata (*Average*)

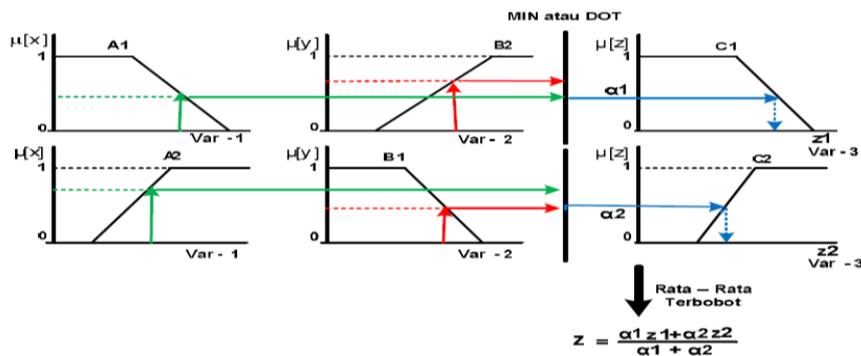
Keterangan:

Z = Variabel *output*

α_i = Nilai α predikat

z_i = Nilai variabel *output*.

Masing-masing dari aturan implikasi Gambar 2.12 menunjukkan skema penalaran fungsi implikasi *Min* dan proses *defuzzifikasi* dilakukan dengan cara mencari nilai rata - ratanya.



Gambar 2.13 Skema Penalaran Fungsi Implikasi *Min*

Sumber: Buku Aplikasi Logika *Fuzzy* untuk Pendukung Keputusan, 2013:32

Proses *defuzzifikasi*, hasil akhir *output* (z) diperoleh dengan menggunakan rata-rata pembobotan.

$$Z = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \dots + \alpha_m z_m}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_m}$$

Rumus 2.14 Metode rata - rata Pembobotan

2.1.4.6 Metode Sugeno

Menurut Sri Kusumadewi (2013: 46) penalaran dengan metode Sugeno hampir 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.

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 $IF (X_1 \text{ is } A_1) \text{ O } (X_2 \text{ is } A_2) \text{ O } (X_3 \text{ is } A_3) \text{ O } \dots \text{ O } (X_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } Z=K$. Dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* 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 $IF (X_1 \text{ is } A_1) \text{ O } \dots \text{ O } (X_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } Z= p_1 * X_1 + \dots + p_N * X_N + q$. 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 Agus (2009: 37) 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* input1 = v And input2 = 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 $z=c$.

Menurut Agus (2009: 30) 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*. Pendekatan demikian lebih menghemat waktu komputasi daripada metode Mamdani standar yang mengharuskan penentuan *centroid* sebelum proses *defuzzifikasi*. Secara umum *FIS* tipe Sugeno dapat diaplikasikan pada sembarang model *inference system* dimana fungsi keanggotaan keluaran adalah konstan atau linier. 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 2.15 Menghitung nilai keluaran

dengan w_i adalah hasil proses operasi *fuzzy logic antecedent* dan z_i adalah keluaran *rule* ke- i . Keluaran akhir, *output* tidak lain adalah sebuah *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.

Menurut Agus (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

2.1.4.7 Metode Mamdani

Menurut Agus (2009: 29) 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.

Menurut Sri Kusumadewi (2013: 37) untuk mendapatkan *output* diperlukan 4 tahapan:

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

Menurut Agus (2009: 29) Keluaran *FIS* tipe Mamdani berupa *fuzzy set* dan bukan sekedar inversi dari fungsi keanggotaan *output*. Untuk menghitung harga keluaran dari suatu *IF-THEN rule*, metode Mamdani harus menghitung luas di bawah kurva *fuzzy set* pada bagian keluaran (*THEN-part*). Selanjutnya, dalam proses defuzzifikasi, metode Mamdani harus rata-rata (*centroid*) luas yang diboboti dari semua *fuzzy set* keluaran dari semua *rule*, kemudian mengisikan rata-rata tersebut ke variabel keluaran *FIS*. Namun dalam banyak kasus, akan jauh lebih efisien jika menghindari penghitungan luas di bawah kurva *fuzzy set* keluaran.

2.1.4.8 Fuzzy Inference System

Menurut Agus (2009: 29) biasanya seorang operator/pakar memiliki pengetahuan tentang cara kerja dari sistem yang bisa dinyatakan dengan sekumpulan *IF-THEN rule*. Dengan melakukan *fuzzy inference*, pengetahuan

tersebut bisa di transfer ke dalam perangkat lunak yang selanjutnya memetakan suatu *input* menjadi *output* berdasarkan *IF-THEN rule* yang diberikan. Sistem *fuzzy* yang dihasilkan disebut dengan *Fuzzy Inferences System (FIS)*.

2.2 Penjualan Rumah

Menurut Swastha (2009:8) Defenisi penjualan sangat luas, beberapa ahli menyebutnya sebagai ilmu dan beberapa yang lain menyebutnya sebagai seni. Ada pula yang memasukkan masalah etik dalam penjualan. Pada pokoknya, istilah menjual dapat diartikan sebagai berikut:

Menjual adalah ilmu dan seni mempengaruhi pribadi yang dilakukan oleh penjual untuk mengajak orang lain agar bersedia membeli barang/jasa yang ditawarkannya. Jadi, adanya penjualan dapat tercipta suatu proses pertukaran barang dan/atau jasa antara penjual dengan pembeli. Di dalam perekonomian kita (ekonomi uang), seseorang yang menjual sesuatu akan mendapatkan imbalan berupa uang. Dengan alat penukaran berupa uang, orang akan lebih mudah memenuhi segala keinginannya; dan penjualan menjadi lebih mudah dilakukan.

Semakin pandai seseorang untuk menjual akan semakin cepat pula mencapai sukses dalam melaksanakan tugas-tugasnya, sehingga tujuan yang diinginkan akan segera terlaksana. Dalam segala bidang dan tingkatan, taktik penjualan harus digunakan agar pelayanan yang diberikan kepada orang lain dapat memberikan kepuasan.

2.2.1 Variabel

Variabel menurut Sugiyono (2012: 38) adalah segala sesuatu yang berbetuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulan.

Variabel yang peneliti ambil dari hasil wawancara peneliti dengan para karyawan perusahaan tempat dilakukannya penelitian ini (PT Gracia Herald), adalah:

1. Tahun 2013 penjualan tertinggi adalah sebesar 220,000,000 dan penjualan terendah adalah sebesar 50,000,000.
2. Tahun 2014 penjualan tertinggi adalah sebesar 280,000,000 dan penjualan terendah adalah sebesar 70,000,000.
3. Tahun 2015 penjualan tertinggi adalah sebesar 350,000,000 dan penjualan terendah adalah sebesar 90,000,000.
4. Tahun 2016 penjualan tertinggi adalah sebesar 460,000,000 dan penjualan terendah adalah sebesar 130,000,000.

2.3 Matlab

Menurut Naba (2009:39), Matlab adalah bahasa pemograman tingkat tinggi dimana arti perintah dan fungsi-fungsinya bisa dimengerti dengan mudah, meskipun bagi seorang pemula. Hal ini karena di dalam matlab, masalah dan solusi bisa diekspresikan dalam notasi-notasi matematis yang bisa dipakai. Matlab singkatan dari *Matrix Laboratory*. Pada Awalnya Matlab dimaksudkan sesuai

dengan namanya, yaitu untuk menangani berbagai operasi matrik dan vector menggunakan rutin-rutin dan library *LINPACK* dan *ESPACK*.

Saat ini Matlab telah menggabungkan rutin-rutin dan library dari *LAPACK* dan *BLAS*, yang lebih efisien dalam menangani operasi matrik dan vector. Matlab telah berevolusi selama bertahun-tahun berkat masukan dari banyak pemakai. Dalam dunia akademis ia telah menjadi alat bantu standar instruksional dalam kuliah-kuliah pengenalan dan tingkat lanjut bidang matematik, teknik, dan sains. Ia juga telah menjadi alat bantu untuk keperluan analisis, pengembangan, riset dalam dunia industri.

Spectrum penggunaan Matlab yang luas ini dimungkinkan karena Matlab telah melengkapi diri dengan berbagai *toolbox*. Sebuah *toolbox* dalam Matlab adalah koleksi berbagai fungsi Matlab (*M-Files*, yaitu *file* berektensi *.m*) yang merupakan perluasan Matlab untuk memecahkan masalah-masalah khusus pada bidang tertentu. Oleh karenanya, dengan memakai *toolbox* dalam Matlab, para pengguna bisa belajar dan menerapkan berbagai *Specialized Technology*. Beberapa bidang sudah tersedia *toolbox*-nya dalam matlab, meliputi *Fuzzy Logic*, *neural network* (jaringan saraf tiruan), *control system* (sistem kontrol), *signal processing* (pengolahan sinyal) dan *wavelet*.

2.4 Penelitian Terdahulu

Pada sub judul ini dijabarkan jurnal dari beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti lain sebelumnya, yang dapat mendukung sebagai dasar pembahasan penelitian. Penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bastiah (2013) yang berjudul **“Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Pembelian Rumah Dengan Menggunakan Metode *Fuzzy C-Means (Fcm) Clustering*”** Perumahan merupakan hal yang tidak bisa diabaikan dan berkaitan erat dengan aktifitas ekonomi, industrialisasi dan pembangunan. Rumah adalah tempat dimana keluarga berkumpul dan melepas lelah setelah beraktivitas seharian. Untuk menyikapi hal ini developer perumahan membangun tipe-tipe rumah yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat dan terjangkau. Kemampuan komputer sebagai perangkat yang membantu untuk mempermudah tugas atau kerja seseorang menjadi lebih mudah, lebih efektif dan lebih efisien khususnya dalam kecepatan proses dan keakuratan hasil yang diberikan diharapkan dapat membantu untuk mempermudah dalam pemilihan tipe perumahan. Penyediaan sistem informasi perumahan secara online yang berbasis sistem pendukung keputusan dimungkinkan konsumen bisa memilih tipe rumah sesuai dengan dana yang tersedia serta visualisasi model jenis rumah. Sistem ini dibuat dengan menggunakan algoritma *clustering* dalam penentuan uang muka, dan angsuran per bulan. Dengan metode clustering proses pemilihan rumah yang cocok akan lebih mudah dan gampang karena metode ini melakukan perhitungan pendekatan dengan tujuan sehingga hasil sistem pendukung keputusan akan sesuai dengan keinginan pembeli. Diharapkan dengan adanya sistem pendukung keputusan ini pembeli ataupun developer dapat mendapatkan keuntungan yang baik. Dimana sistem pendukung

keputusan yang dibangun akan dapat digunakan secara *online*. Sehingga dapat digunakan dimana dan kapan saja dengan media internet.

2. Laily Oktaviani (2014) yang berjudul **“Sistem Penentuan Perhitungan Jumlah Produksi *Folding Gate* Menggunakan *Fuzzy Logic* Pada PT. Jihan Jaya”** Permintaan pasar yang semakin banyak dengan menggunakan bahan baku besi jenis galvanis sedang di minati oleh masyarakat sebab bahan yang digunakan adalah anti karat dan lebih awet dibandingkan bahan besi galvanis. Karena banyaknya permintaan masyarakat sebuah badan usaha kerap kali mengalami kesulitan dalam perhitungan jumlah produksi yang dilakukan oleh perusahaan, sehingga tidak ada data yang *valid* untuk mengetahui jumlah produksi *folding gate* ini. Dengan adanya masalah ini maka dilakukan penelitian tentang penentuan jumlah produksi barang *folding gate* menggunakan *fuzzy logic*, khususnya pada PT. Jihan Jaya. Sistem ini akan membantu pihak perusahaan dalam menghitung atau meninjau sejauh mana perusahaan dapat memproduksi *folding gate* dalam tempo 1 (satu) tahun yang berdampak baik bagi peningkatan produksi pada perusahaan PT. Jihan Jaya. Penggunaan metode *fuzzy logic* akan dilakukan dengan tahap-tahap (a) pembentukan himpunan *fuzzy*, (b) aplikasi fungsi implikasi, (c) membentuk aturan-aturan, (d) penegasan (*defuzzifikasi*). Model *Inferensi* yang digunakan yaitu model Tsukamoto. Dari hasil penelitian ini akan diketahui jumlah produksi yang akurat.
3. Sandari Retno Andani (2013) yang berjudul **“*Fuzzy Mamdani* Dalam Menentukan Tingkat Keberhasilan Dosen Mengajar”** Permasalahn yang

timbul di dunia ini terkadang sering sekali memiliki jawaban yang tidak pasti, logika *fuzzy* merupakan salah satu metode untuk melakukan analisis system yang tidak pasti. Paper ini berisi tentang penggunaan metode logika *fuzzy* mamdani dalam menentukan tingkat keberhasilan dosen mengajar pada AMIK Tunas Bangsa Pematang siantar. Masalah yang diselesaikan adalah cara menentukan tingkat keberhasilan dosen mengajar jika hanya menggunakan dua variable input, yaitu dosen dan nilai. Langkah pertama penyelesaian masalah tingkat keberhasilan dosen mengajardengan menggunakan metode *fuzzy* mamdani yaitu menentukan variable input dan output yang merupakan himpunan tegas. Langkah kedua yaitu mengubah variable input menjadi himpunan *fuzzy* dengan proses *fuzzifikasi*, selanjutnya langkah ketiga adalah pengolahan datahimpunan *fuzzy* dengan metode maksimum. Dan langkah terakhir atau keempat adalah mengubah *output* menjadi himpunan tegas dengan proses *defuzzifikasi* dengan metode *centroid*, sehingga akan diperoleh hasil yang diinginkan pada variabel *output*. Hasil dari perhitungan dengan menggunakan metode *fuzzy* mamdani dari tingkat keberhasilan dosen mengajar untuk nilai variabel dosen 55 dan nilai variabel nilai 65 adalah 80.

4. Maryaningsih dkk (2013) yang berjudul **“Implementasi Logika Fuzzy Dalam Perancangan Sistem Pengambilan Keputusan Usulan Pemasangan Listrik Berdasarkan Distribusi Beban Listrik”** Sistem Pengambilan keputusan adalah suatu cara atau tindakan pimpinan untuk memecahkan masalah yang dihadapi melalui pemilihan satu diantara

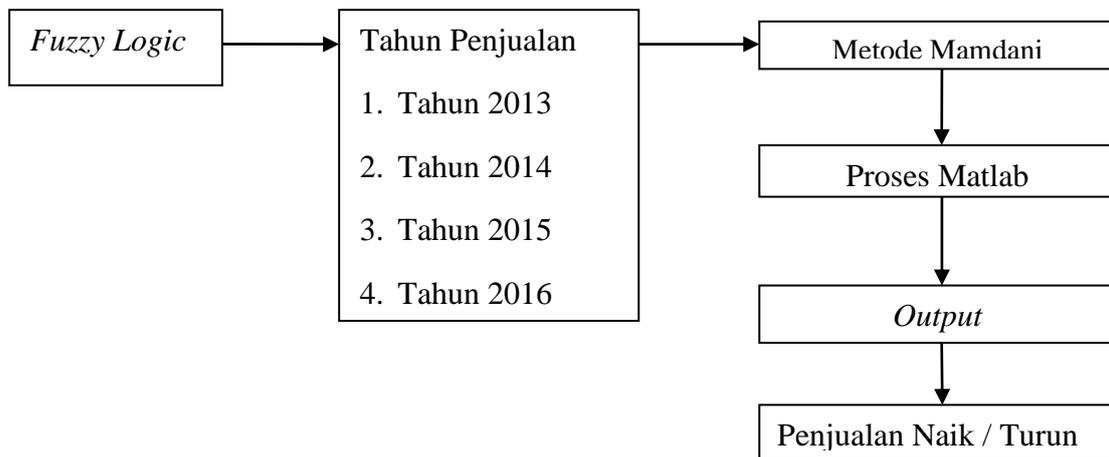
alternatif-alternatif yang dimungkinkan. Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode Logika *Fuzzy* karena dengan menggunakan logika *fuzzy* peneliti dapat menentukan kriteria dan bobot yang diinginkan dalam menentukan siapa yang pantas dalam pengambilan keputusan pemasangan listrik baru di PT PLN (Persero) Rayon Nusa Indah Bengkulu. Dalam pengambilan keputusan peneliti juga menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic 6.0, karena dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual basic* 6.0 peneliti dapat dengan mudah dalam pembuatan keputusan.

5. Evi Nur Azizah (2015) yang berjudul “**Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Penentuan Harga Jual Rumah**” Secara umum, penentuan harga jual rumah ditentukan oleh dua bagian yaitu bagian teknik dan bagian keuangan. Namun seringkali harga jual yang didapatkan pada bagian ini berbeda sehingga menyebabkan manager melakukan perhitungan ulang dari kedua hasil tersebut. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, maka perlu dibuat suatu sistem yang dapat menghitung harga jual secara akurat. Dalam paper ini, harga jual rumah ditentukan menggunakan sistem inferensi *fuzzy* Tsukamoto. Namun penggunaan logika *fuzzy* saja masih memungkinkan mendapatkan error yang relative besar. Untuk memperkecil nilai *error* maka digunakan algoritma genetika untuk menentukan batasan nilai fungsi keanggotaan yang sesuai. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan algoritma genetika mampu memperkecil *error* secara signifikan.

2.5 Kerangka Pemikiran

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

Berdasarkan judul penelitian di atas, peneliti membuat kerangka pemikiran dalam penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 2.14. Kerangka pemikiran
Sumber: Data penelitian (2017)