

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Teori Dasar

2.1.1 Definisi *Artificial Intelligence*

Kecerdasan buatan berasal dari bahasa Inggris “*Artificial intelligence*” atau disingkat *AI*, yaitu *intelligence* adalah kata sifat yang berarti cerdas, sedangkan *artificial* artinya buatan, kecerdasan buatan yang dimaksud di sini merujuk pada mesin yang mampu berpikir, menimbang tindakan yang akan diambil, dan mampu mengambil keputusan seperti yang dilakukan oleh manusia (Sutojo, Mulyanto, and Suhartono 2010).

Sedangkan menurut (Budiharto, Widodo, and Suhartono 2014) 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. Buku ini akan memaparkan berbagai pandangan moder dan hasil riset terkini yang perlu dikuasai oleh para akademisi, mahasiswa, pelajar, dan praktisi.

Kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* merupakan salah satu bagian ilmu komputer yang membuat agar mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan manusia. Pada awal diciptakannya, komputer hanya difungsikan sebagai alat hitung saja. Namun seiring dengan perkembangan

jaman, maka peran komputer semakin mendominasi kehidupan umat manusia. Komputer tidak lagi hanya digunakan sebagai alat hitung, lebih dari itu, komputer diharapkan untuk dapat diberdayakan untuk mengerjakan sesuatu yang bisa dikerjakan oleh manusia (Kusumadewi and Purnomo 2013).

2.1.1.1 Definisi Sistem Pakar

Menurut (Sutojo, Mulyanto, and Suhartono 2010) sistem pakar merupakan Cabang dari artificial Intelligence (AI) yang cukup tua karena sistem ini mulai dikembangkan pada pertengahan 1960. Sistem pakar yang muncul pertama kali adalah General-Purpose problem solver(GPS) yang dikembangkan oleh Newel dan simon. Sampai saat ini sudah banyak sistem pakar yang dibuat, seperti MYCIN untuk diagnosis penyakit, DENDRAL untuk Mengidentifikasi struktur molekul campuran yang tak dikenal, XCON & XCEL untuk membantu konfigurasi sistem komputer Besar, SOPHIE untuk analisis sirkuit Elektronik, Prospector Digunakan dibidang Geologi untuk membantu, mencari dan Menemukan Deposit, Folio digunakan untuk membantu memberikan keputusan bagi seorang Manager dalam Stok dan investasi, Delta dipakai untuk pemeliharaan lokomotif Listrik Dieselm dan sebagainya

Istilah sistem Pakar berasal dari istilah , Knowledge-based expert system, istilah ini muncul untuk memecahkan masalah, sistem pakar menggunakan pengetahuan seorang pakar dimasukkan ke dalam komputer, seseorang yang bukan pakar menggunakan sistem dimasukkan ke dalam komputer, seseorang yang bukan pakar menggunakan sistem untuk meningkatkan kemampuan, pemecahan

masalah, sedangkan seorang pakar digunakan sistem pakar untuk knowledge assitant. Berikut adalah beberapa pengertian pakar:

1. Turban (2001)

Sistem Pakar adalah sebuah sistem yang menggunakan pengetahuan manusia dimana pengetahuan tersebut dimasukkan ke dalam sebuah komputer dan kemudian digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang biasanya membutuhkan kepakaran atau keahlian manusia.

2. Jackson(1999)

Sistem Pakar adalah program komputer yang merepresentasikan dan melakukan penalaran dengan pengetahuan beberapa pakar untuk memecahkan masalah atau memberikan saran.

3. Luger dan Stubblefield (1993)

Sistem pakar adalah yang berbasiskan pengetahuan yang menyediakan solusi kualitas pakar kepada masalah masalah dalam bidang domain yang spesifik.

2.1.1.2 Definisi Jaringan Syaraf Tiruan

Menurut (Sutojo, Mulyanto, and Suhartono 2010) Jaringan syaraf tiruan adalah paradigma pengolahan informasi yang terinspirasi oleh sistem saraf secara biologis, seperti proses informasi informasi pada otak manusia. Elemen Kunci di Paradigma ini adalah Struktur dari sistem pengolahan informasi yang terdiri dari sejumlah besar elemen pemrosesan yang saling berhubungan (neuron), bekerja serentak untuk menyelesaikan masalah tertentu. Sebuah JST Dikonfigurasi

untuk aplikasi tertentu seperti klasifikasi data, Melalui Proses Pembelajaran. Belajar dalam sistem biologis melibatkan penyesuaian terhadap koneksi syanptic yang ada antara neuron.

2.1.1.3 Logika *Fuzzy*

Menurut (Budiharto, Widodo, and Suhartono 2014) logika *Fuzzy* dapat mengelola nilai yang tidak pasti berupa batasan, seperti “sangat”, “sedikit”, dan “kurang lebih”. Komputer tidak mengerti nilai asli dari kata “sebentar”. Dengan *Fuzzy logic*, komputer dapat mengelolah ketidak pastian tersebut sehingga dapat digunakan untuk memutuskan sesuatu yang membutuhkan kepintaran manusia dalam penalaran.

Menurut (Sutojo, Mulyanto, and Suhartono 2010) konsep tentang logika *fuzzy* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada 1962, Logika *fuzzy* adalah metodologi sistem control pemecahan masalah, yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem, mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, *embedded system*, jaringan PC, *multi-channel* atau *workstation* berbasis akuisisi data, dan sistem control. Dalam logika klasik dinyatakan bahwa segala sesuatu bersifat biner, yang artinya adalah hanya mempunyai dua kemungkinan, “Ya atau Tidak”, “Benar atau Salah”, “Baik atau Buruk” dan lain-lain. Oleh karena itu, 14 sistem ini dapat mempunyai nilai keanggotaan 0 atau 1. Akan tetapi, dalam logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan berada di antara 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 keanggotaan yang dimilikinya.

2.1.2 Fuzzy Logic

Menurut (Sutojo, Mulyanto, and Suhartono 2010) konsep tentang logika *fuzzy* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada 1962, Logika *fuzzy* adalah metodologi sistem control pemecahan masalah, yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem, mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, *embedded system*, jaringan *PC*, *multi-channel* atau *workstation* berbasis akuisisi *data*, dan sistem *control*. Dalam logika klasik dinyatakan bahwa segala sesuatu bersifat *biner*, yang artinya adalah hanya mempunyai dua kemungkinan, “Ya atau Tidak”, “Benar atau Salah”, “Baik atau Buruk” dan lain-lain. Oleh karena itu, sistem ini dapat mempunyai nilai keanggotaan 0 atau 1. Akan tetapi, dalam logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan berada di antara 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 keanggotaan yang dimilikinya. Bila dibandingkan dengan logika konvensional, kelebihan logika *fuzzy* adalah kemampuannya dalam proses penalaran secara bahasa sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik yang rumit. Sejak itu aplikasi dari *fuzzy logic* ini berkembang pesat terutama dinegara Jepang dengan dihasilkannya ribuan paten mulai dari bermacam-macam produk elektronik sampai aplikasi pada kereta api di kota Sendai. *Fuzzy logic* pada dasarnya merupakan logika bernilai banyak (*Multivalued Logic*) yang dapat mendefinisikan nilai diantara keadaan yang biasa dikenal seperti ya atau

tidak, hitam atau putih, benar atau salah. *Fuzzy logic* menirukan cara manusia mengambil keputusan dengan kemampuannya bekerja dari data yang samar atau tidak rinci dan menemukan penyesuaian yang tepat.

2.1.2.1 Pengertian *Fuzzy Logic*

Fuzzy Logic merupakan kecerdasan buatan yang pertama kali dipublikasikan oleh Prof. Dr. Lotfi Zadeh yang berasal dari Pakistan. Melalui *fuzzy logic* ini sistem dapat membuat keputusan sendiri dan terkesan seperti memiliki perasaan, karena memiliki keputusan lain selain iya (logika 1) dan tidak (logika 0). Oleh karena itu *fuzzy logic* sangat berbeda jauh dari alur algoritma pemrograman. Sebagai contoh adalah robot yang menggunakan *fuzzy logic* dapat memprediksikan kapan ia harus bertindak atau menghindar saat ada halangan di depannya dengan hanya ada peringatan 'awas' dan tanpa ada hitungan matematis yang diberikan oleh *user*. Sedangkan robot yang menggunakan algoritma pemrograman konvensional tidak akan dapat memutuskan sendiri untuk menghindar dari halangan yang ada di depannya.

Sebuah metodologi "berhitung" dengan variabel kata-kata (*linguistic variable*), sebagai pengganti berhitung dengan bilangan. Kata kata yang digunakan dalam *fuzzy logic* memang tidak sepresisi bilangan, namun kata-kata jauh lebih dekat dengan intuisi manusia. Manusia biasa langsung "merasakan" nilai dari variabel kata-kata yang sudah dipakainya sehari-hari. Demikianlah, *fuzzy logic* membutuhkan "ongkos" yang lebih murah dan memecahkan berbagai masalah yang bersifat *fuzzy*.

Fuzzy logic merupakan ilmu yang mempelajari mengenai ketidakpastian. *Fuzzy logic* dianggap mampu untuk memetakan suatu *input* kedalam suatu *output* tanpa mengabaikan faktor – faktor yang ada. *Fuzzy logic* diyakini dapat sangat fleksibel dan memiliki toleransi terhadap *data - data* yang ada.

Fuzzy logic, yang dalam bahasa Indonesia dapat diartikan sebagai Logika Kabur atau Logika Samar, dapat dikatakan sebagai “logika baru yang sudah lama”. Hal ini karena ilmu tentang *Fuzzy logic* secara modern dan metodis ditemukan pada tahun 1965, namun konsep *Fuzzy logic* sudah melekat pada diri manusia, sejak manusia ada. Konsep *Fuzzy logic* dapat dengan mudah kita temukan pada perilaku manusia dalam kesehariannya

Menurut (Sutojo, Mulyanto, and Suhartono 2010) himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut yaitu:

1. *Linguistik*, yaitu nama suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dengan menggunakan bahasa alami, misalnya DINGIN, SEJUK, PANAS mewakili variabel temperatur.
2. *Numeris*, yaitu suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, misalnya 10, 35, 40, dan sebagainya.

2.1.2.2 Alasan Penggunaan Metode *Fuzzy Logic*

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode *fuzzy logic*. Menurut (Kusumadewi and Purnomo 2013) ada beberapa alasan penulis memilih menggunakan metode ini, antara lain sebagai berikut:

1. Konsep *fuzzy logic* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. *Fuzzy logic* sangat fleksibel.
3. *Fuzzy logic* memiliki toleransi terhadap *data - data* yang tidak tepat.
4. *Fuzzy logic* mampu memodelkan fungsi-fungsi *nonlinear* yang sangat kompleks.
5. *Fuzzy logic* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. *Fuzzy logic* dapat bekerjasama dengan teknik - teknik kendali secara konvensional.
7. *Fuzzy logic* didasarkan pada bahasa alami.

2.1.2.3 Dasar – Dasar *Fuzzy Logic*

Menurut (Sutojo, Mulyanto, and Suhartono 2010) ada beberapa hal yang menjadi dasar dalam memahami *Fuzzy Logic*, yaitu:

1. Variabel *fuzzy*, yaitu variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.
2. Himpunan *fuzzy*, yaitu suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu : *Linguistik* dan *Numeris*
3. Semesta pembicaraan, yaitu seluruh nilai yang diizinkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*

4. *Domain* himpunan *fuzzy*, yaitu seluruh nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

Menurut (Sutojo, Mulyanto, and Suhartono 2010) sistem logika *fuzzy* terdapat empat buah elemen dasar, yaitu:

1. Basis pengetahuan *fuzzy*: kumpulan *rule-rule fuzzy* dalam bentuk pernyataan *IF...THEN*.
2. Fuzzyfikasi: proses untuk mengubah *input* sistem yang mempunyai nilai tegas menjadi variabel linguistic menggunakan fungsi keanggotaan yang disimpan dalam basis pengetahuan *fuzzy*.
3. Mesin inferensi: proses untuk mengubah *input fuzzy* menjadi *output fuzzy* dengan cara mengikut aturan-aturan (*IF-THEN Rules*) yang telah ditetapkan pada basis pengetahuan *fuzzy*.
4. DeFuzzyfikasi: mengubah *output fuzzy* yang diperoleh dari mesin inferensi menjadi nilai tegas menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan fuzzyfikasi.

Menurut (Kusumadewi and Purnomo 2013) ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* yaitu:

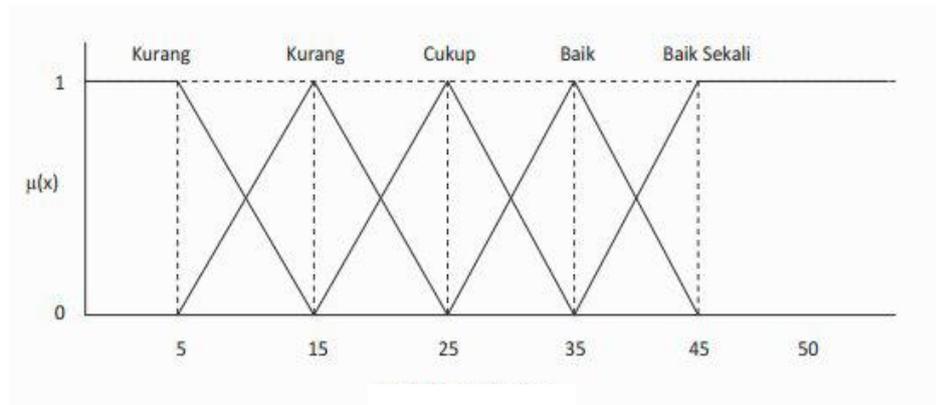
1. Variable *fuzzy*

Variable *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu system *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.

2. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh:

- a. Variable mahasiswa, terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu: kurang sekali, kurang, cukup, baik dan baik sekali.
- b. Variabel dosen, terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu: cukup, baik, dan baik sekali. Seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Himpunan *Fuzzy* Pada Variable Mahasiswa

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

3. 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. Ada kalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya. Contoh:
 - a. Semesta pembicaraan untuk variable mahasiswa: [0 50]
 - b. Semesta pembicaraan untuk variable dosen: [0 50]
4. *Domain* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan 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 dan bilangan negatif. Contoh *domain* himpunan *fuzzy*:

- a. Kurang Sekali = [0 15]
- b. Kurang = [5 25]
- c. Cukup = [15 35]
- d. Baik = [25 45]
- e. Baik Sekali = [35 50]

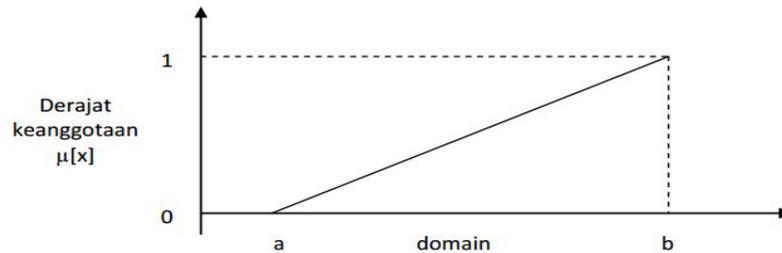
2.1.2.4 Fungsi Keanggotaan

Menurut (Kusumadewi and Purnomo 2013) Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik – titik *input data* kedalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki *interval* antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Apabila U menyatakan himpunan *universal* dan A adalah himpunan fungsi *fuzzy* dalam U , maka A dapat dinyatakan sebagai pasangan terurut. Ada beberapa fungsi yang biasa digunakan.

1. Representasi *Linear*

Pada representasi *linear*, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya 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. Seperti terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Representasi *Linear Naik*

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

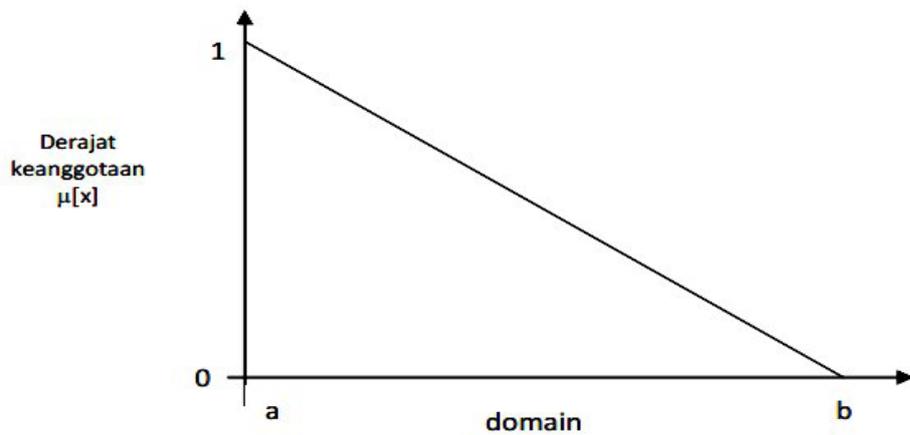
Berikut merupakan rumus fungsi keanggotaan linear naik di rumus 2.1

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

Rumus 2.1 Fungsi Keanggotaan Linear Naik

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

Kedua, merupakan kebalikan dari 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. Seperti terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Representasi *Linear Turun*
Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

Berikut merupakan rumus fungsi keanggotaan linear turun di rumus 2.2

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

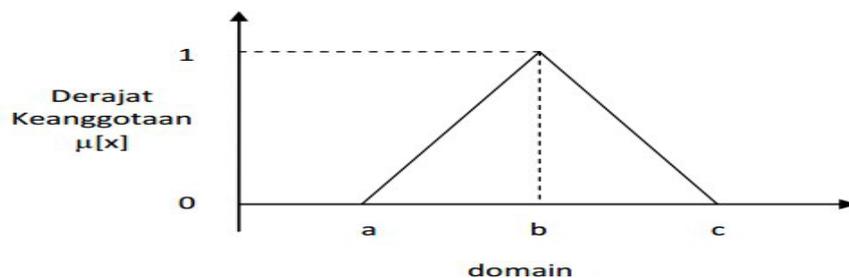
Rumus 2.2 Fungsi Keanggotaan Linear Turun

Sumber: Sri Kusumadewi (2013) Hal 10

1. Representasi kurva segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (*linear*).

Seperti terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Kurva Segitiga
Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

Berikut merupakan rumus fungsi keanggotaan linear turun di rumus 2.3

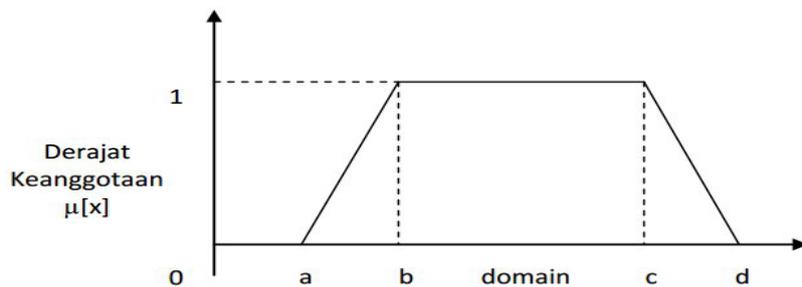
$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ (b - x)/(c - b); & b \leq x \leq c \end{cases}$$

Rumus 2.3 Fungsi Keanggotaan Linear Segitiga

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

2. Representase kurva trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Seperti terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Representasi Kurva Trapezium

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

Berikut merupakan rumus fungsi keanggotaan kurva trapesium di rumus 2.4

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

Rumus 2.4 Fungsi Keanggotaan Kurva Trapezium

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

2.1.2.5 Operator Dasar Zadeh Untuk Operasi Himpunan *Fuzzy*

Menurut (Kusumadewi and Purnomo 2013) 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. Berikut rumus operator *AND* di rumus 2.5

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \text{ untuk setiap } x \in X$$

Rumus 2.5 Rumus Operator *AND*

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

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. Berikut rumus operator *OR* di rumus 2.6

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \text{ untuk setiap } x \in X$$

Rumus 2.6 Rumus Operator *OR*

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

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 dari 1. Berikut rumus operator *NOT* di rumus 2.7

$$\mu_{Ac}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

Rumus 2.7 Rumus Operator *NOT*

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

2.1.2.6 Penalaran Monoton

Menurut (Kusumadewi and Purnomo 2013) metode penalaran secara monoton digunakan sebagai dasar untuk teknik implikasi *fuzzy*. Meskipun penalaran ini sudah jarang sekali digunakan, namun terkadang masih digunakan untuk penskalaan *fuzzy*. Jika 2 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 dekomposisi *fuzzy*. Nilai *output* dapat diestimasi secara langsung dari nilai keanggotaan yang berhubungan dengan antesedennya.

2.1.2.7 Fungsi Implikasi

Menurut (Kusumadewi and Purnomo 2013) tiap - tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

$$IF\ x\ is\ A\ THEN\ y\ is\ B$$

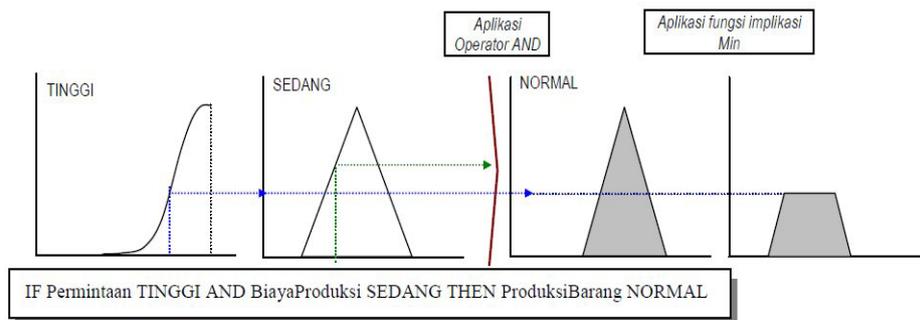
dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti *THEN* disebut sebagai konsekuen. Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy*, seperti:

$$IF\ (x_1\ is\ A_1) \cdot (x_2\ is\ A_2) \cdot (x_3\ is\ A_3) \cdot \dots \cdot (x_N\ is\ A_N)\ THEN\ y\ is\ B$$

dengan \cdot adalah operator (misal: *OR* atau *AND*). Secara umum, ada 2 fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu:

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

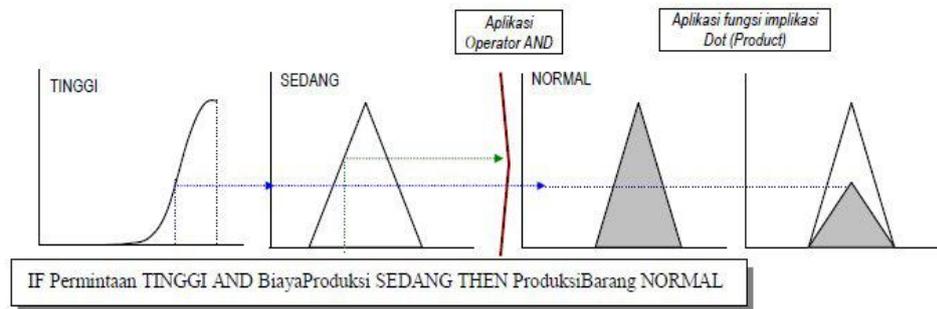
Gambar 2.6 menunjukkan salah satu contoh penggunaan fungsi *min*.



Gambar 2.6 Fungsi Implikasi *MIN*

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

2. *Dot (product)*. Fungsi ini akan menskala *output* himpunan *fuzzy*. Gambar 2.7 menunjukkan salah satu contoh penggunaan fungsi *dot*.



Gambar 2.7 Fungsi Implikasi *DOT*

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

2.1.2.8 Sistem Inferensi *Fuzzy* Metode Mamdani

Metode Mamdani adalah metode yang paling sering dijumpai ketika membahas metodologi *fuzzy*. Ebrahim Mamdani yang pertama kali mengusulkan metode ini di tahun 1975 ketika membangun sistem *control* mesin uap dan *boiler*. Mamdani menggunakan sekumpulan *IF-THEN rule* yang diperoleh dari operator/pakar yang berpengalaman. Karya Mamdani ini sebenarnya didasarkan pada artikel “*The Father of Fuzzy, Lotfi A. Zadeh : fuzzy algorithms for complex systems and decision processes*”

Proses perhitungannya cukup kompleks sehingga membutuhkan waktu relatif lama, tetapi model ini memberikan ketelitian yang tinggi. Pada metode Mamdani, aplikasi fungsi implikasi menggunakan *MIN*, sedang komposisi aturan menggunakan metode *MAX*. Metode Mamdani dikenal juga dengan metode *MAX-MIN*. Inferensi *output* yang dihasilkan berupa bilangan *fuzzy* maka harus

ditentukan suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. Proses ini dikenal dengan defuzzifikasi. Menurut (Kusumadewi and Purnomo 2013) untuk mendapatkan *output*, diperlukan 4 tahapan:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

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

2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan 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 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu: *max*, *additive* dan probabilistik *OR* (*probor*).

4. Metode *Max* (*Maximum*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator *OR* (*union*). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap - tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i])$$

Rumus 2.8 Rumus Metode *MAX*

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

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 ada 3 aturan (proposisi) sebagai berikut:

[R1] *IF* Biaya Produksi RENDAH *And* Permintaan NAIK *THEN*

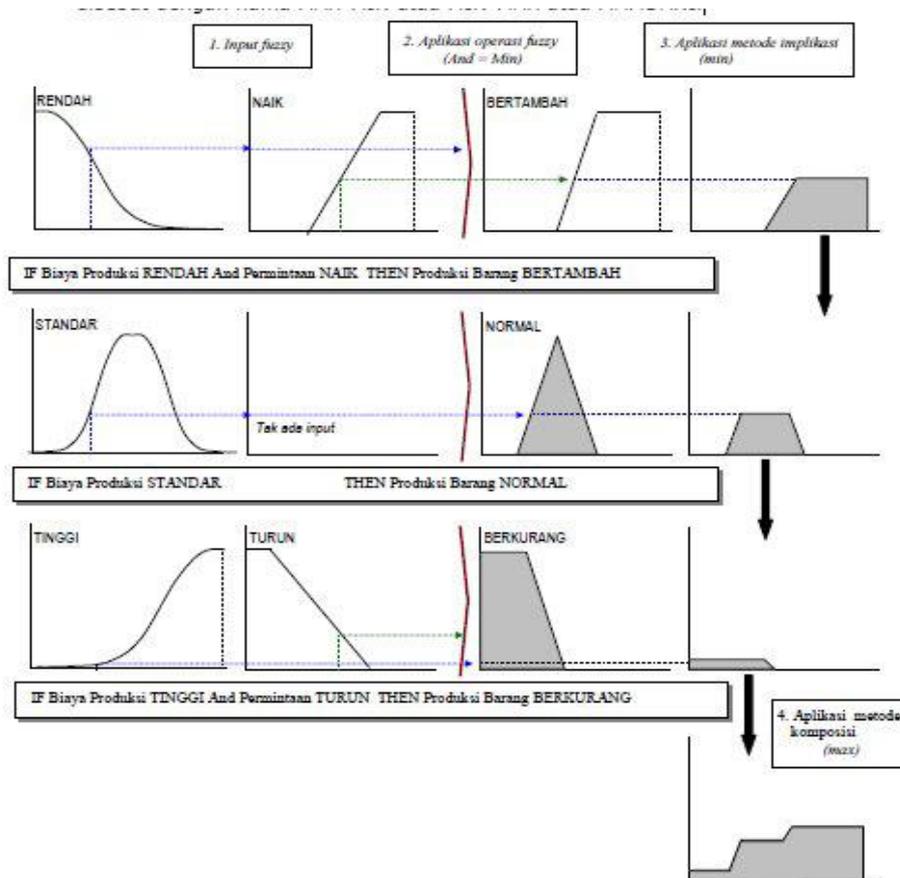
Produksi Barang BERTAMBAH;

[R2] *IF* Biaya Produksi STANDAR *THEN* Produksi Barang NORMAL;

[R3] *IF* Biaya Produksi TINGGI *And* Permintaan TURUN *THEN*

Produksi Barang BERKURANG;

Proses inferensi dengan menggunakan metode *Max* dalam melakukan komposisi aturan seperti terlihat pada Gambar 2.8. Apabila digunakan fungsi implikasi *MIN*, maka metode komposisi ini sering disebut dengan nama *MAX-MIN* atau *MIN-MAX* atau MAMDANI.



Gambar 2.8 Komposisi Aturan Fuzzy Metode MAX.

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

5. Metode Additive (Sum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i])$$

Rumus 2.9 Rumus Metode Additive

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i;

6. Metode Probabilistik *OR* (probor)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan produk terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i] - \mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i])$$

Rumus 2.10 Rumus Metode Probabilistik *OR*

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

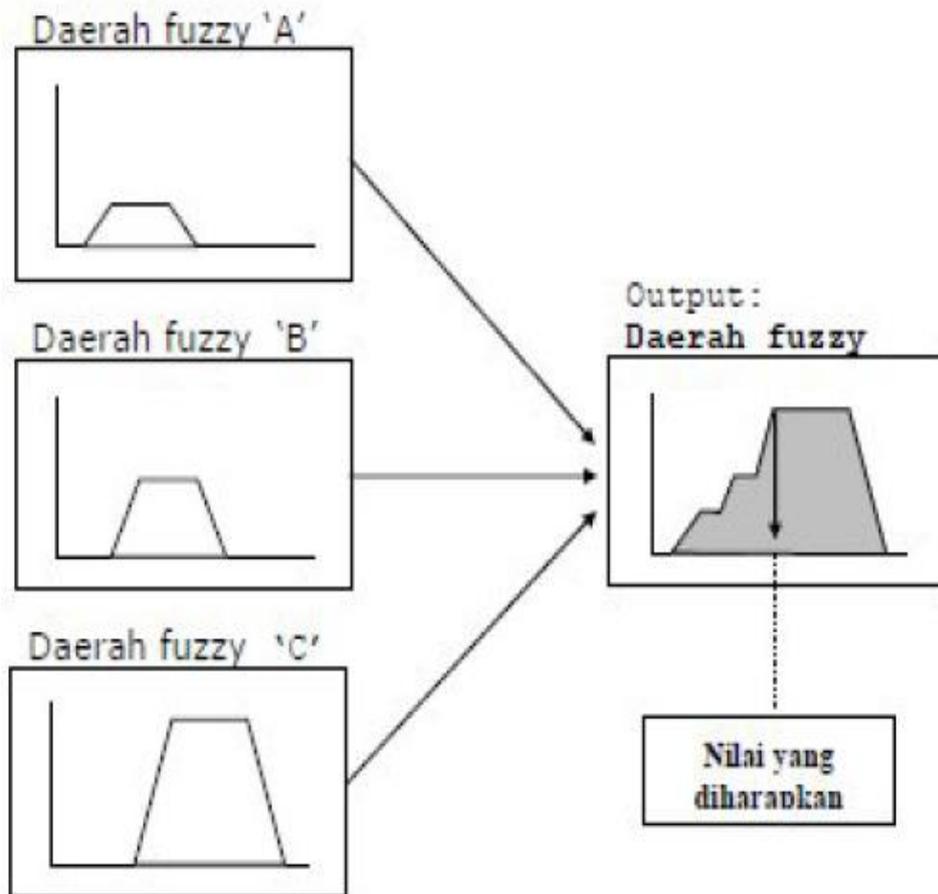
dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i;

7. 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. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output* seperti terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Proses Defuzzifikasi.

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

Menurut (Kusumadewi and Purnomo 2013) ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan MAMDANI, antara lain:

1. Metode *Centroid (Composite Moment)*

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan:

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

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

Rumus 2.11 Metode Centroid

Sumber: Sri Kusumadewi (2013)

2. Metode Biseksi

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada *domain fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan separuh dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.

3. Metode *Mean of Maximum (MOM)*

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata *domain* yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

4. Metode *Largest of Maximum (LOM)*

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari *domain* yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

5. Metode *Smallest of Maximum (SOM)*

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari *domain* yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.2 Variabel

Menurut (Sujarweni and V 2015) Harga jual adalah sejumlah uang yang dibebankan atas suatu produk atau jasa, atau jumlah dari nilai yang ditukar konsumen atas manfaat-manfaat, karena memiliki atau menggunakan produk atau jasa tersebut.

Menurut (Sunyoto and Danang 2014) Harga jual adalah sejumlah uang yang dibutuhkan yang dibutuhkan untuk mendapatkan sejumlah produk tertentu atau kombinasi antara barang dan jasa.

Menurut (Kotler, Philips, and Keller 2009) Perusahaan harus mempertimbangkan banyak faktor dalam dalam menentukan kebijakan penetapan harga. Variabel yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Permintaan

Permintaan mempengaruhi penetapan harga jual suatu produk atau jasa. Jumlah permintaan suatu produk yang dibutuhkan oleh pembeli akan berdampak pada suatu harga tertentu. Apabila harga lebih rendah maka jumlah permintaan akan meningkat dan sebaliknya.

2. Biaya

Biaya merupakan faktor yang penting dalam penetapan harga jual. Perusahaan harus dapat menutupi semua biaya yang dikeluarkan untuk menjual suatu produk agar tidak mengalami kerugian.

3. Tujuan Penetapan Harga

Laba merupakan tujuan utama perusahaan dalam penetapan harga jual yang berorientasi pada profit/keuntungan.

4. Harga Penawaran Pesaing

Perusahaan menetapkan harga jual dengan menggunakan harga penawaran pesaing sebagai bahan referensi.

2.3 *Software* Pendukung

2.3.1 MATLAB

Menurut (Amos 2010) *MATLAB* merupakan sebuah bahasa yang kuat untuk komputasi teknikal. Nama kepanjangan dari *MATLAB* adalah *MATrix LABoratory*, karena dasar dari data elemennya adalah *matrix (array)*. *MATLAB* bisa dipakai untuk komputasi matematika, pemodelan dan simulasi, analisis data dan memproses, visualisasi dan grafik, dan pengembangan algoritma.

Menurut (Naba and Agus 2009) *MATLAB (matrix laboratory)* adalah sebuah bahasa pemrograman tingkat tinggi dimana arti perintah dan fungsi-fungsinya dapat dimengerti dengan mudah, meskipun bagi seorang pemula. Pada awalnya, *MATLAB* dimaksudkan sesuai dengan namanya, yaitu untuk menangani berbagai operasi matriks dan vektor menggunakan rutin-rutin dan *library* LINPACK dan EISPACK. Saat ini *MATLAB* telah menggabungkan rutin-rutin dan *library* dari LAPACK dan BLAS, yang lebih efisien dalam menangani operasi matriks dan vektor. *MATLAB* telah berevolusi selama bertahun-tahun berkat masukan dari banyak pemakai. Dalam dunia akademis, ia telah menjadi alat bantu standar intruksional 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. Spektrum 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 berekstensi .m)*, yang merupakan perluasan *MATLAB*

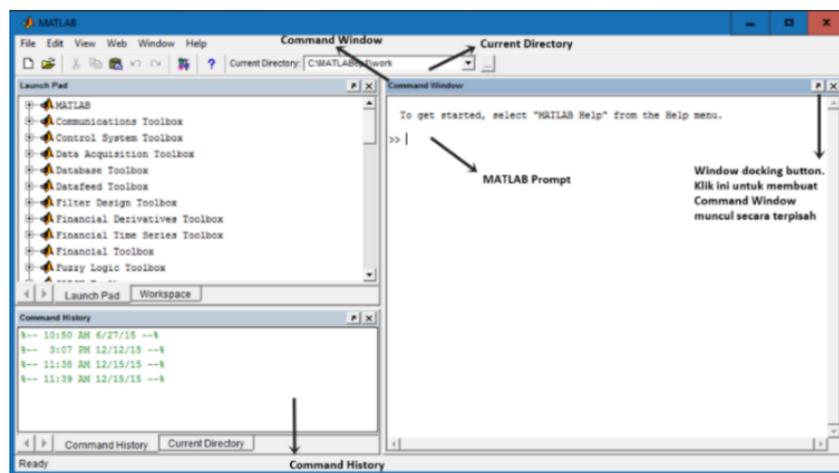
untuk memecahkan masalah-masalah khusus pada bidang tertentu. Oleh karenanya, dengan memakai *toolbox* dalam MATLAB, para pengguna bisa belajar dan menerapkan berbagai *specialized technology*. Beberapa bidang sudah tersedia *toolbox*-nya dalam MATLAB, meliputi *fuzzy logic*, *neural network* (jaringan syaraf tiruan), *control system* (sistem kontrol), *signal processing* (pengolahan sinyal), dan *wavelet*. *Fuzzy logic toolbox* adalah sekumpulan *tool* yang membantu dalam merancang sistem *fuzzy* untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti *automatic control*, *signal processing*, *indentification system*, *pattern recognition*, *time series prediction*, data mining dan *financial application*.

Tools yang digunakan dalam penelitian ini adalah program *matlab 6.1*. *Matlab* adalah sebuah lingkungan komputasi numerikal dan bahasa pemrograman komputer generasi keempat. Dikembangkan oleh *The Math Works*, *Matlab* memungkinkan manipulasi matriks, implementasi algoritma, pembuatan antarmuka pengguna, dan pengantarmukaan dengan program dalam bahasa lainnya. Meskipun hanya bernuansa numerik, sebuah kotak kakas (*toolbox*) yang menggunakan mesin simbolik *MuPAD*, memungkinkan akses terhadap kemampuan aljabar komputer. Sebuah paket tambahan, *Simulink*, menambahkan simulasi grafis multiranah dan Desain Berdasar Model untuk sistem terlekat dan dinamik.

2.3.2 Memulai dan Mengakhiri MATLAB

Menurut (Naba and Agus 2009) ada beberapa tahap dalam memulai dan mengakhiri MATLAB adalah sebagai berikut :

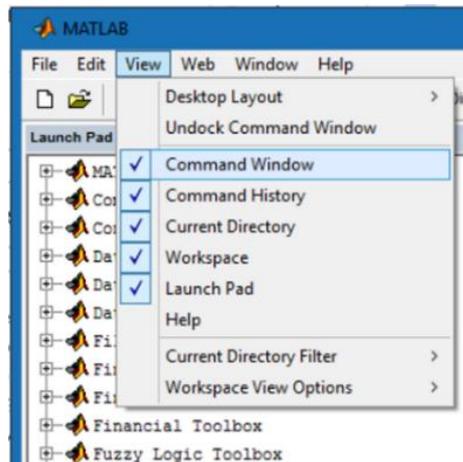
1. Pada sistem operasi windows, mulailah MATLAB dengan mengklik dua kali *shortcut* ikon MATLAB pada Window Desktop atau klik menu Matlab dari *Start Menu*. Pada sistem operasi Linux atau UNIX, mulai MATLAB dengan mengetikkan matlab pada *prompt* sistem operasi. MATLAB *desktop* seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.10 akan muncul ketika menjalankan MATLAB.



Gambar 2.10 Matlab Desktop

Sumber: Matlab

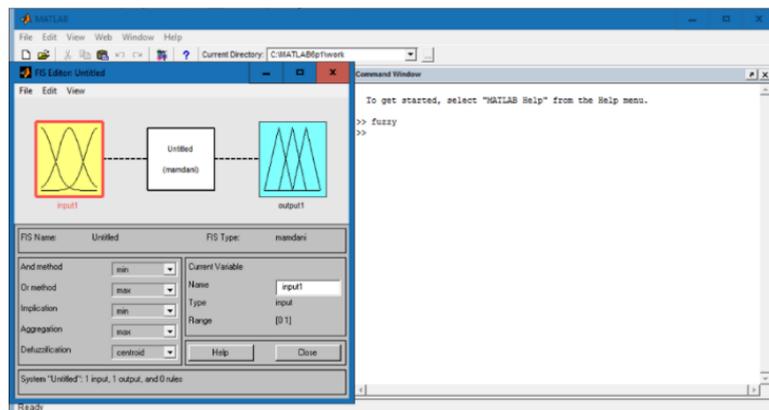
2. MATLAB menyediakan beberapa windows, antara lain *Command Window*, *Current Directory Window* dan *Command History Window*. Untuk menyembunyikan atau memunculkan masing-masing *window*, klik menu **View** lalu klik jenis *window* yang diinginkan. Untuk memunculkan suatu *window*, pastikan muncul tanda *checkboxlist* disebelah kiri menu jenis *window* yang diinginkan, dan sebaliknya untuk menyembunyikan seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Menu untuk memilih windows dalam Matlab

Sumber: Matlab

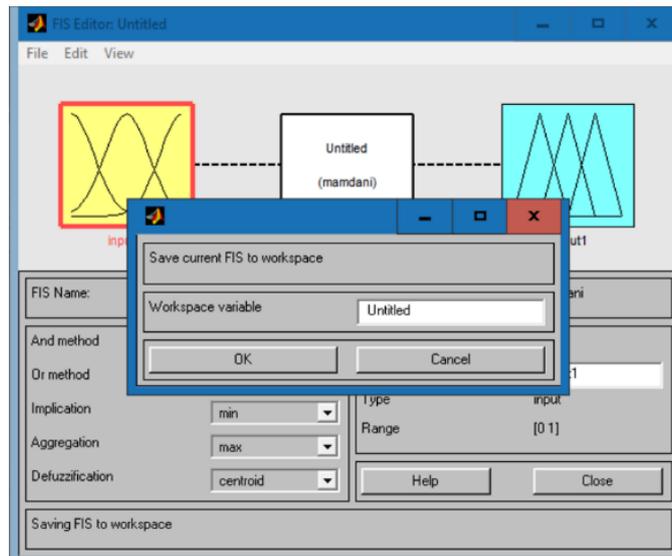
- Untuk memulai *fuzzy logic* dalam program MATLAB, pada **MATLAB Prompt**, ketik *fuzzy* dan klik *enter*. Maka akan muncul *FIS Editor* seperti tampak pada Gambar 2.12 dengan sebuah variabel masukan dengan label *input1* dan sebuah *output* dengan label *output1*.



Gambar 2.12 Menu untuk memulai *fuzzy logic* dalam Matlab

Sumber: Matlab

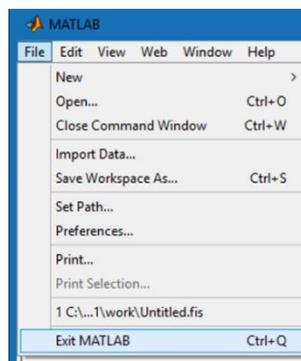
- Untuk menyimpan data ke *workspace*, pilih menu **File** → pilih **Export** → pilih **To Workspace**. Tampilan akan muncul seperti Gambar 2.13



Gambar 2.13 Menu untuk menyimpan *FIS* (*Fuzzy Inference System*)

Sumber: Matlab

5. Untuk mengakhiri MATLAB, pilih menu **File** → **Exit** MATLAB seperti yang terlihat pada Gambar 2.14



Gambar 2.14 Menu untuk mengakhiri Matlab

Sumber: Matlab

2.3.3 Menyimpan Data MATLAB

Menurut (Naba and Agus 2009) semua variabel dalam *workspace* dapat disimpan dalam bentuk *file* .mat; Caranya, melalui menu **File Save > Workspace**

As. Untuk memanggil kembali *file .mat*, gunakan **File > Import Data**. Untuk menyimpan per variabel dalam suatu *file*, gunakan perintah **save**.

2.4 Penelitian Terdahulu

Sebelum peneliti melakukan penelitian mengenai “Penerapan Fuzzy Logic Untuk Menentukan Harga Minuman Pada Yahuat Kaya Toast Dengan Metode Mamdani”, telah ada beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya.

1. Menurut (Meimaharani and Listyorini 2014), **Analisis Sistem Inference Fuzzy Sugeno Dalam Menentukan Harga Penjualan Tanah Untuk Pembangunan Minimarket** menyimpulkan “Analisis *inference fuzzy* sugeno dalam menentukan harga penjualan tanah untuk pembangunan *minimarket* ini mampu membantu masyarakat dalam menentukan harga terbaik dalam pemilihan tanah yang akan digunakan dalam pembangunan *minimarket*. Dengan menggunakan metode *fuzzy* sugeno, pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa teknik kendali *fuzzy* mampu menghasilkan respon seperti yang diharapkan yaitu mampu menilai jarak jauh dekat yang menentukan harga dalam penjualan tanah untuk pembangunan *minimarket*.”
2. Menurut (Suwarsito and Mustafidah 2015), **Determination Of Feed Fish Price Based on Feed Formulation With Local Raw Materials Using Fuzzy Logic Implementation** menyimpulkan “*Fuzzy logic associated with the type of uncertainty that has become human nature. This technique,*

using the mathematical theory of fuzzy sets to simulate normal human reasoning process by allowing the computer to behave a little more careful and logical than that required by conventional computer methods. Fuzzy logic can be useful because it is an effective and accurate way to describe the human perception of the issue of decision-making. The main reason the use of fuzzy logic in this study is based on a natural language such as that delivered by.”

3. Menurut (A.H et al. 2013), ***Development of A Fuzzy Logic Based Rainfall Prediction Model*** menyimpulkan “*In classical models variables have real number values, the relationships are defined in terms of mathematical functions and the outputs are crisp numerical values (Center and Verma, 1998). In crisp sets, which are collection of objects with the same properties, the objects either belong to the set or not. In practice, the characteristics value for an object belonging to the set is coded as 1 and if it is outside the set then the coding is 0. The key idea in fuzzy logic is the allowance of partial belongings of any object to different subsets of the universal set instead of belonging to a single set completely. In fuzzy logic, values of variables are expressed by linguistic terms, the relationship is defined in terms of IFTHEN rules and the outputs are also fuzzy subsets which can be made crisp using defuzzification techniques. First the crisp values of system variables are fuzzified to express them in linguistic terms. Fuzzification is a method for determining the degree of membership that a value has to a particular fuzzy set. This is determined*

by evaluating the membership function of the fuzzy set for the value (Center and Verma, 1998). “

4. Menurut (Purba 2013), **Penentuan Harga Produk Kerajinan Kulit Menggunakan Pendekatan *Fuzzy Logic* Dengan Mempertimbangkan Proyeksi Keuntungan, Persepsi Konsumen, dan Harga Kompetitor (Studi Kasus Toko Kerajinan Kulit ROOSMAN, Sentra Kerajinan Kulit Manding, Bantul)** menyimpulkan “Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil yakni faktor internal dan faktor eksternal perlu dipertimbangkan dalam penentuan harga jual produk karena faktor-faktor tersebut mempengaruhi *range* harga akhir produk. Faktor internal mempengaruhi *range* harga akhir produk pada kisaran yakni Rp 370.500,00 – Rp 600.000,00. Faktor internal tersebut antara lain biaya utama, biaya pendukung, biaya tenaga kerja, dan profit. Faktor eksternal mempengaruhi *range* harga akhir produk pada kisaran yakni Rp 395.000,00 – Rp 547.000,00. Faktor eksternal tersebut adalah persepsi konsumen dan harga kompetitor. *Range* harga akhir produk yang optimum didapat pada kisaran harga yakni Rp 395.000,00 – Rp 547.000,00 dengan titik tengah bernilai Rp 473.000,00 dan rata-rata nilai uji MAPE terhadap validasi *expert judgment* adalah sebesar 2%. Dari keseluruhan validasi harga yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa harga hasil perhitungan *fuzzy logic* tidak berbeda signifikan dengan harga validasi *expert judgment*. *Range* harga akhir yang didapatkan setelah memasukkan faktor eksternal yakni persepsi konsumen dan harga kompetitor dapat

menguntungkan bagi produsen, terjangkau bagi konsumen, dan mampu bersaing di pasaran.”

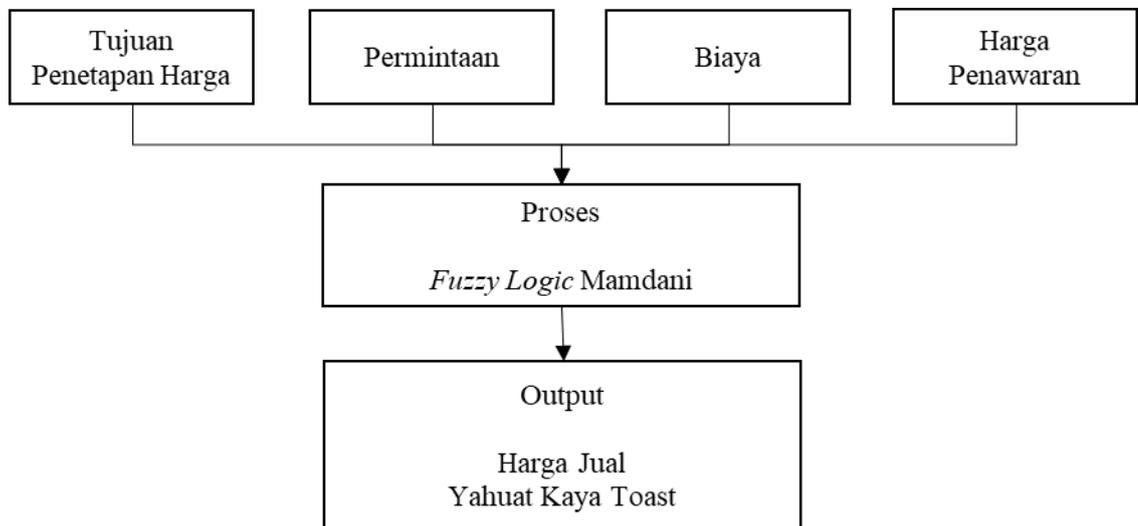
5. Menurut (Abdulahi, Samadi, and Gharleghi 2014), **Penerapan Logika Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan Pada Sistem Penilaian Berbasis Komputer** menyimpulkan “Berdasarkan hasil pembahasan tersebut maka diperoleh beberapa kesimpulan yaitu: Sistem penilaian dengan menggunakan metode logika *fuzzy* atau metode jaringan syaraf tiruan sebagai dasar perhitungan memungkinkan sebuah system penilaian menilai hasil belajar siswa sesuai dengan aturan-aturan penilaian yang dimiliki oleh seorang pengajar. Sehingga system tersebut dapat dianggap sudah mampu menilai hasil belajar siswa selayaknya seorang pengajar. Hasil penilaian pada 70 data percobaan dengan menggunakan metode logika *fuzzy* mampu mendekati hasil penilaian dari pengajar, dimana terdapat rata-rata kesalahan sebesar 0,028571 pada skala 0-4. Hasil penilaian pada 70 data percobaan dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan mampu mendekati hasil penilaian dari pengajar, dimana terdapat rata-rata kesalahan sebesar 0,023214 pada skala 0-4. Sistem penilaian dengan metode logika *fuzzy* sangat baik digunakan untuk proses penalaran, namun seringkali seorang pengajar tidak dapat menuangkan aturan-aturan penilaiannya dengan jelas ke dalam sebuah basis aturan. Sistem penilaian dengan metode JST mampu secara otomatis mengambil aturan - aturan penilaian seorang pengajar berdasarkan data penilaian

pengajar tersebut, namun *system* ini tidak dapat menjelaskan proses penalaran yang dilakukannya.

2.5 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran merupakan proses – proses yang terjadi di penelitian menurut peneliti yang melakukan penelitian tersebut. Penelitian ini diimplementasikan *Fuzzy Inference System* (FIS) mamdani. Berikut ini merupakan kerangka pemikiran terhadap penelitian ini sebagai pedoman dalam pemecahan masalah penelitian ini.

Penulis mengambil indikator untuk mengukur variabel harga jual menurut (Kotler, Philips, and Keller 2009) sebagai indikator kerangka pemikiran, yaitu tujuan penetapan harga, permintaan, biaya, dan harga penawaran pesaing.



Gambar 2.15 Kerangka Pemikiran

Sumber: Data Olahan Penelitian (2017)