

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Dasar

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai apa itu Sistem Pendukung Keputusan (SPK), kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* dan sub bidang kecerdasan buatan itu sendiri yaitu *Fuzzy Logic*.

2.1.1. *Fuzzy Logic*

Menurut Sutojo, em, vs (2011: 211) 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.

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 variable 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, & Suhartono (2011: 212) himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut yaitu:

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

2.1.2. Alasan Penggunaan Metode *Fuzzy Logic*

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode *fuzzy logic*. Menurut Kusumadewi, dkk (2013: 2) ada beberapa alasan penulis memilih menggunakan metode ini, antara lain sebagai berikut:

- a. Konsep *fuzzy logic* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
- b. *Fuzzy logic* sangat fleksibel.
- c. *Fuzzy logic* memiliki toleransi terhadap *data - data* yang tidak tepat.
- d. *Fuzzy logic* mampu memodelkan fungsi-fungsi *nonlinear* yang sangat kompleks.
- e. *Fuzzy logic* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
- f. *Fuzzy logic* dapat bekerjasama dengan teknik - teknik kendali secara konvensional.
- g. *Fuzzy logic* didasarkan pada bahasa alami.

2.1.3. Dasar – Dasar *Fuzzy Logic*

Menurut Sutojo, em, vs (2011: 212) ada beberapa hal yang menjadi dasar dalam memahami *Fuzzy Logic*, yaitu:

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

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

Menurut Sutojo, em, vs (2010: 232) 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 kenggotaan 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, dkk (2013: 6-8) ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* yaitu:

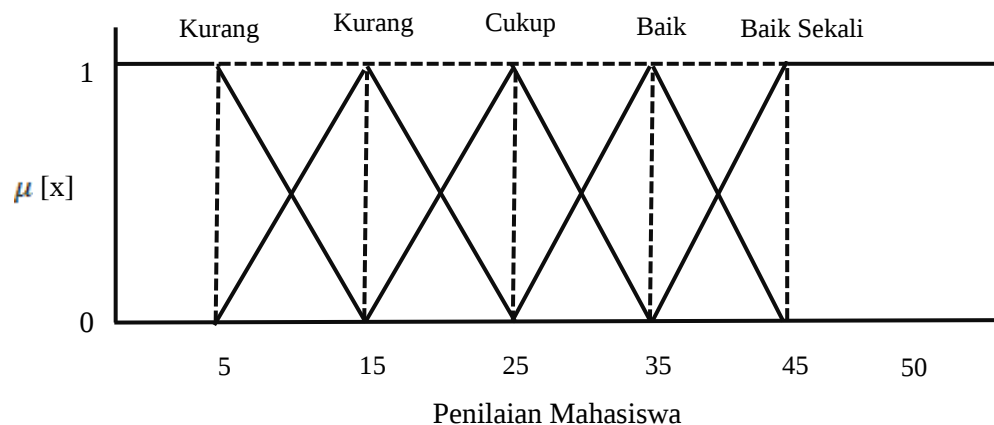
- a. Variable *fuzzy*

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

- b. Himpunan *fuzzy*

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

- Variable mahasiswa, terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu: kurang sekali, kurang, cukup, baik dan baik sekali.
- 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: Data Olahan Penelitian

- c. 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:

- Semesta pembicaraan untuk variable mahasiswa: $[0 \ 50]$
- Semesta pembicaraan untuk variable dosen: $[0 \ 50]$

d. *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*:

- Kurang Sekali = $[0 \ 15]$
- Kurang = $[5 \ 25]$
- Cukup = $[15 \ 35]$
- Baik = $[25 \ 45]$
- Baik Sekali = $[35 \ 50]$

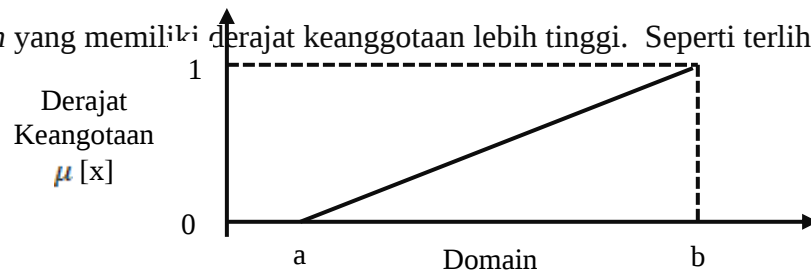
2.1.4. Fungsi Keanggotaan

Menurut Kusumadewi, dkk (2013: 8-13) 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.

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: Kusumadewi (2013) Hal 9

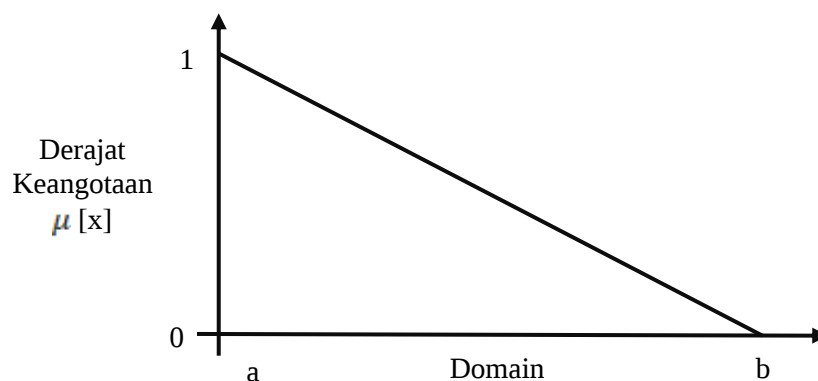
Berikut merupakan rumus fungsi keanggotaan linear naik di rumus 2.1

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

Rumus 2.1 Fungsi Keanggotaan Linear Naik

Sumber: Kusumadewi (2013) Hal 9

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*

Berikut merupakan rumus fungsi keanggotaan linear turun di rumus 2.2

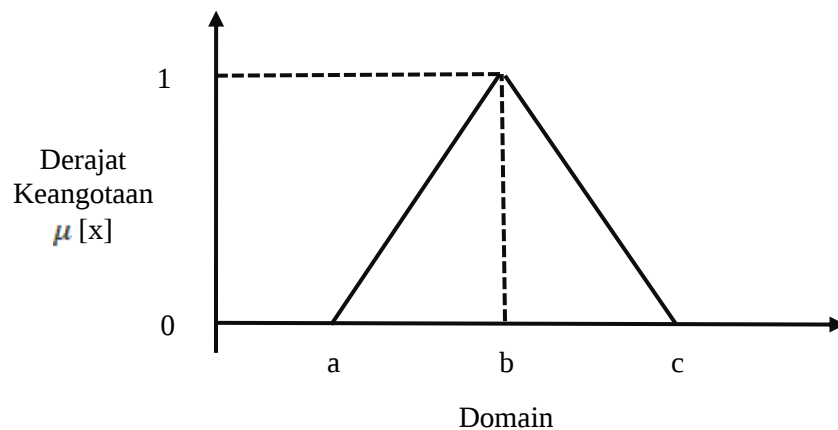
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (b-x)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

Rumus 2.2. Fungsi Keanggotaan Linear Turun

2.1.5. Representasi Kurva Segitiga

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

Seperti terlihat pada gambar 2.4.



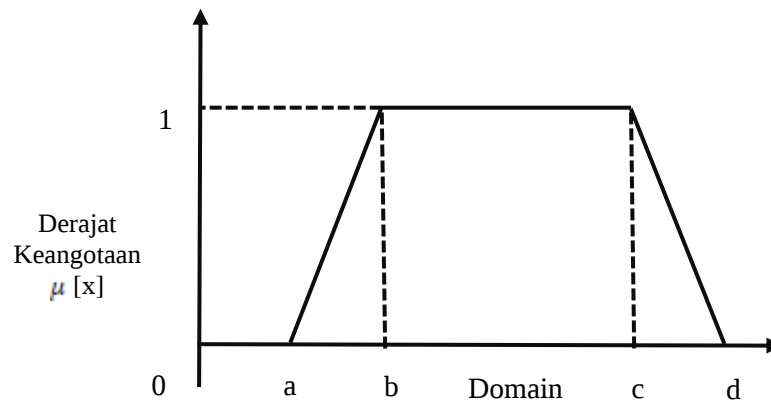
Gambar 2.4. Kurva Segitiga

Berikut merupakan rumus fungsi keanggotaan linear segitiga 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

Representasi 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

Berikut merupakan rumus fungsi keanggotaan kurva trapesium di rumus

2.4

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

Rumus 2.4 Fungsi Keanggotaan Kurva Trapezium

2.1.6. Operator Dasar Zadeh Untuk Operasi Himpunan *Fuzzy*

Menurut Kusumadewi, dkk (2013: 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 – predikat. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu:

a. Operator *AND*

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan – 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*

b. 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*

c. Operator *NOT*

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. α –predikat sebagai hasil operasi dengan operator *NOT* diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1. Berikut rumus operator *NOT* di rumus 2.7

$$\mu_{A^c}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

Rumus 2.7. Rumus Operator *NOT*

2.1.7. Penalaran Monoton

Menurut Kusumadewi, dkk (2013: 25) 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.

2.1.8. Fungsi Implikasi

Menurut Kusumadewi, dkk (2013: 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 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

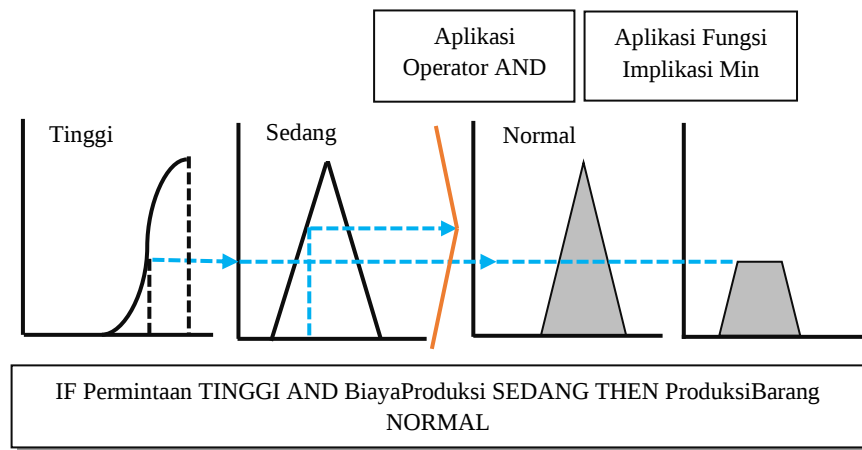
THEN disebut sebagai konsekuen. Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy*, seperti:

IF (x1 is A1) • (x2 is A2) • (x3 is A3) • • (xN is AN) *THEN* y is B

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

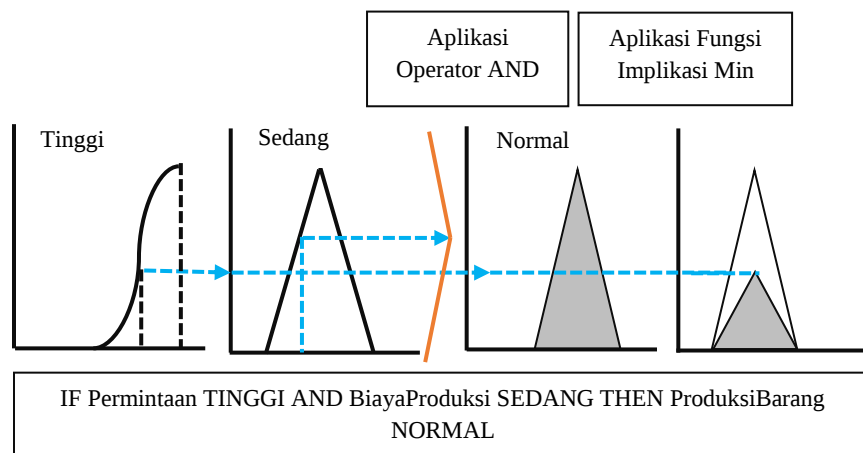
- a. *Min* (*minimum*). Fungsi ini akan memotong *output* himpunan *fuzzy*.

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



Gambar 2.6. Fungsi Implikasi *MIN*

- b. *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*

2.1.9. 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, dkk (2013: 37-42) untuk mendapatkan *output*, diperlukan 4 tahapan:

a. Pembentukan himpunan *fuzzy*

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

b. Aplikasi fungsi implikasi

Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah *Min*.

c. 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).

- 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: 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;

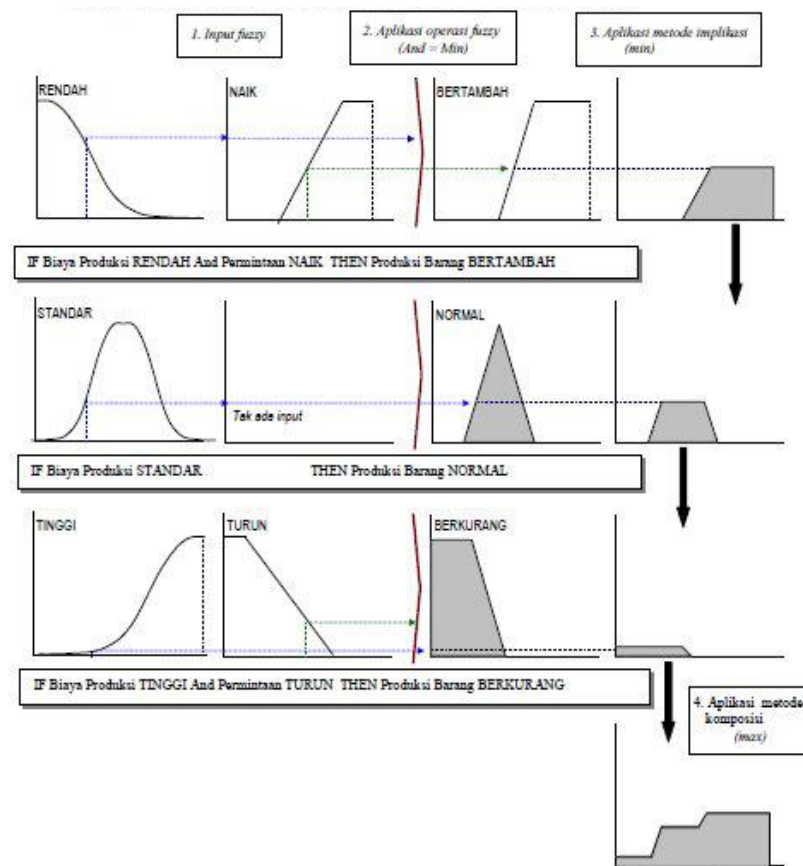
[R2] *IF* Biaya Produksi STANDAR *THEN* Produksi Barang

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: Kusumadewi (2013)

- 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: 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;

- 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: Kusumadewi (2013)

dengan:

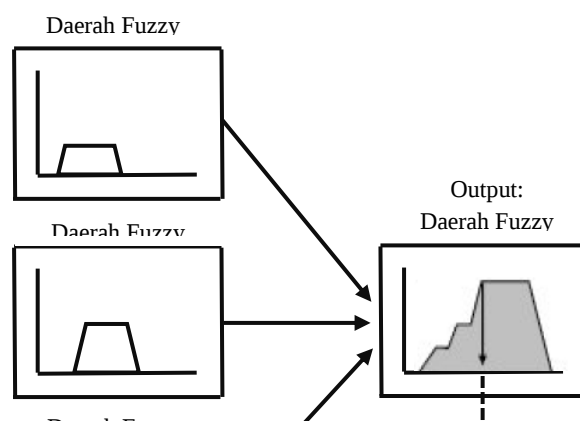
$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

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

d. 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 *crsip* tertentu sebagai *output* seperti terlihat pada

Gambar 2.9



Gambar 2.9. Proses Defuzzifikasi.

Menurut Kusumadewi, dkk (2013: 41-42) ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan MAMDANI, antara lain:

- a. 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*

b. Metode Bisektor

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*.

c. Metode *Mean of Maximum (MOM)*

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

d. Metode *Largest of Maximum (LOM)*

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

e. 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. Kredit

Menurut Kasmir (2010: 35), Kredit merupakan penyediaan uang atau tagihan yang dapat dipersamakan dengan itu, berdasarkan persetujuan atau kesepakatan pinjam meminjam antara BPR dengan pihak peminjam yang mewajibkan pihak peminjam untuk melunasi utangnya setelah jangka waktu tertentu dengan pemberian bunga. Ada 3 jenis kredit menurut penggunaannya, yaitu:

1. Kredit Modal Kerja, yaitu fasilitas kredit untuk pembiayaan kegiatan yang bersifat produktif, sehingga debitur akan memperoleh nilai tambah dari fasilitas kredit yang diperoleh.
2. Kredit Investasi, yaitu fasilitas kredit yang diberikan kepada nasabah yang bertujuan untuk pembelian barang-barang modal dan jasa yang diperlukan untuk rehabilitasi, ekspansi relokasi usaha dan atau pendirian usaha baru.
3. Kredit Konsumsi, fasilitas kredit yang diberikan kepada masyarakat, termasuk pegawai untuk keperluan konsumsi berupa barang dan atau jasa.

Menurut Kasmir (2010: 67), Persyaratan umum pemberian kredit, yaitu:

a. Untuk kredit PNS, TNI, dan POLRI

Mengisi dan menyerahkan surat permohonan kredit setelah ditandatangani dan dilampiri:

1. SK Capeng, SK terakhir, Karpeg, dan Taspen (semua asli tanpa tambahan jaminan)
2. SK Golongan (SK kenaikan pangkat)
3. SK pengangkatan TNI / POLRI, yang ditandatangani bendahara gaji dan Ka. Dinas
4. Surat rekomendasi atau jaminan potong gaji dari juru bayar dan atasan langsung/kepala dinas / TNI / POLRI
5. Surat keterangan gaji atau struk gaji yang diketahui juru bayar dan kepala dinas /TNI/POLRI
6. Surat persetujuan istri/suami bagi yang sudah menikah

7. Surat persetujuan ibu kandung/ ayah kandung bagi yang belum menikah
 8. Jaminan tambahan SHM / BPKB
 9. Sudah ada kerjasama (MOU). Kantor cabang PD BPR BKK / KPO hanya bisa melakukan kerjasama dengan satu kantor dinas / instansi / UPTD / TNI / POLRI
 10. Dilampiri SID/BI ceking terbaru
 11. Konfirmasi ke rekan kerja Saat pencairan kredit, suami istri datang ke kantor membawa KTP asli.
- b. Untuk kredit pegawai kontrak, PTT, pegawai yayasan, dan karyawan perusahaan mengisi dan menyerahkan surat permohonan kredit setelah ditandatangani dan dilampiri:
1. Surat keterangan dari pimpinan/atasannya langsung
 2. Surat keterangan kontrak PTT/yayasan/perusahaan
 3. Surat keterangan gaji/struk honor terakhir
 4. Jaminan potong gaji dari bendahara gaji/juru bayar
 5. Surat kuasa potong gaji dari bendahara/juru bayar
 6. Surat persetujuan istri/suami bagi yang sudah menikah
 7. Surat persetujuan ibu kandung/ayah kandung bagi yang belum menikah
 8. Jaminan tambahan SHM/BPKB/ijazah terakhir

9. Sudah ada kerjasama (MOU). BPR Barelang Mandiri hanya bisa melakukan kerjasama dengan satu kantor dinas / instansi / UPTD / yayasan / perusahaan
 10. Konfirmasi ke rekan kerja Saat pencairan kredit, suami istri datang ke kantor membawa KTP asli.
- c. Untuk kredit kesejahteraan pegawai BPR BKK
1. SK pengangkatan dari direksi/SK kontrak dari direksi
 2. 2 Surat rekomendasi/jaminan potong gaji dari juru bayar dan direksi
 3. Surat kuasa potong gaji yang ditandatangani juru bayar dan direksi
 4. Surat persetujuan istri/suami bagi yang sudah menikah
 5. Surat persetujuan ibu kandung/ayah kandung bagi yang belum menikah
 6. Jaminan SHM/BPKB Saat pencairan kredit, suami istri datang ke kantor membawa KTP asli.
- d. Untuk kredit masyarakat umum Mengisi dan menyerahkan surat permohonan kredit setelah ditandatangani dan dilampiri:
1. Fotokopi KTP suami dan istri (2 lembar)
 2. Fotokopi kartu keluarga (2 lembar)
 3. Paspoto suami dan istri 3x4 (2 lembar)
 4. Fotokopi jaminan SHM/BPKB roda 2/4 (1 lembar)
 5. Jaminan asli saat pencairan kredit dibawa
 6. Foto lokasi jaminan SHM/kendaraan/tempat usaha
 7. Persetujuan istri/suami
 8. Sanggup untuk disurvei

9. Konfirmasi ke tetangga sekitar Untuk poin a, b, dan c setelah berkas kredit lengkap sebelum dicairkan, dikroscek ulang ke pimpinan/atasannya langsung

Prinsip-Prinsip Pemberian Kredit, adapun penjelasan untuk analisis 4C (*Character, Capital, Capacity, Collateral*), sebagai berikut:

1. *Character*: bagaimana karakter (watak atau tabiat) dari debitur atau calon debitur.
2. *Capital*: bagaimana dan berapa besar penghasilan yang telah dimiliki oleh debitur atau calon debitur
3. *Capacity*: berapa besar kemampuan debitur atau calon debitur dalam memenuhi kewajibannya
4. *Collateral*: berapa besar nilai agunan yang dimiliki oleh debitur atau calon debitur, yang dapat meng cover kewajiban debitur atau calon debitur jika suatu saat debitur one prestasi

2.3. Indikator dari 4C

Indikator - indikator dari 4C (*Character, Capital, Capacity, Collateral*).
yaitu:

- a. *Character* adalah tabiat serta kemauan dari pemohon untuk memenuhi kewajiban yang telah dijanjikan.

Indikatornya meliputi;

1. Itikad dan tanggung jawab,
2. Sifat atau watak/gaya hidup dan,
3. Komitmen pembayaran.

- b. *Capital* adalah modal yang dimiliki calon debitur pada saat mereka mengajukan permohonan kredit pada bank.

Indikatornya meliputi;

1. Sumber penghasilan tetap,
2. Memiliki bidang usaha lain sebagai sumber penghasilan,
3. Memiliki tabungan atau simpanan di bank.

- c. *Capacity* adalah kesanggupan pemohon untuk melunasi kewajiban dari kegiatan usaha yang dilakukan atau kegiatan yang ditinjau dengan kredit dari bank.

Indikatornya meliputi;

1. Pendapatan,
2. Kemampuan dalam membayar angsuran,
3. Kemampuan dalam menyelesaikan kredit tepat waktu.

- d. *Collateral* adalah barang - barang yang diserahkan pada bank oleh peminjan atau debitur sebagai jaminan atas kredit yang diberikan.

Indikatornya meliputi;

1. Nilai jual barang jaminan yang diagunkan ebanding / melebihi *plafond* kredit,
2. Jaminan bersifat fisik atau non fisik,
3. Kepemilikan barang jaminan dan keaslian dokumen.

2.4 Matrix Laboratory (MATLAB)

2.4.1. Definisi MatLab

Berdasarkan penelitian Naba (2009: 39) diperoleh fakta MATLAB adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi di mana arti perintah dan fungsi-fungsinya bisa dimengerti dengan mudah, meskipun bagi seorang pemula. Hal ini dikarenakan di dalam MATLAB, masalah dan solusi bisa diekspresikan dalam notasi-notasi matematis yang biasa dipakai. MATLAB singkatan dari *Matrix Laboratory*. Dasar-dasar pemrograman dalam MATLAB meliputi: (Naba, 2009: 63)

1 *Flow Control*: *if, switch, case, for, while, continue, break*.

2 *Data Structure*: dipakai untuk menangani *multidimensional arrays, cell arrays, character, text data, dan structures*.

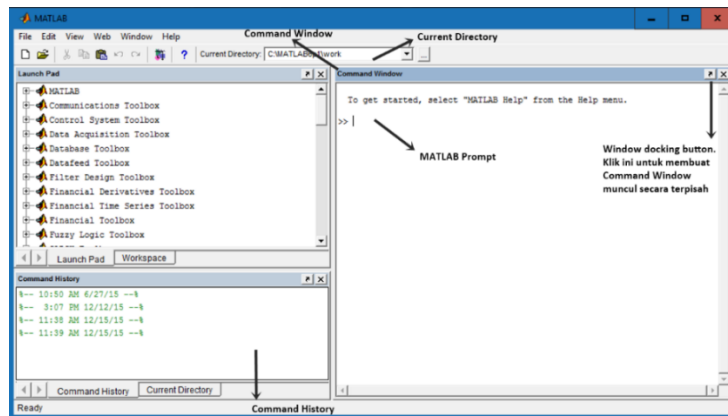
3 *Scripts*: sekumpulan perintah yang disimpan dalam M-files, tidak memerlukan argumen input dan tidak memberikan suatu keluaran (*not returning output argument*).

4 *Functions*: M-files yang memerlukan argumen input dan menghasilkan suatu keluaran.

Pada awalnya, MATLAB dimaksudkan sesuai dengan namanya, yaitu untuk menangani berbagai operasi matriks dan *vector* 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.

Menurut Naba (2009: 39) Matlab adalah sebuah bahasa pemrograman tingkat tinggi dimana arti perintah dan fungsi-fungsinya bisa dimengerti dengan mudah, meskipun bagi seorang pemula.

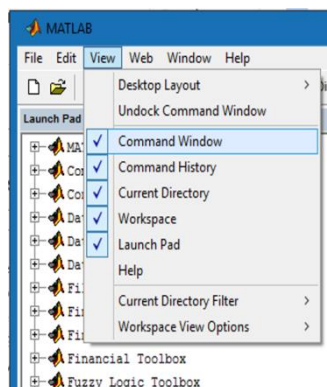
1. Pada sistem operasi windows, mulailah MATLAB dengan mengklik dua kali *shortcut* ikon MATLAB pada Window Desktop atau klik menu Matlab dari *Start Menu*. Pada sistem operasi Linux atay UNIX, mulai MATLAB dengan mengetikkan matlab pada *prompt* sistem operasi. seperti Gambar 2.10



Gambar 2.10. Matlab

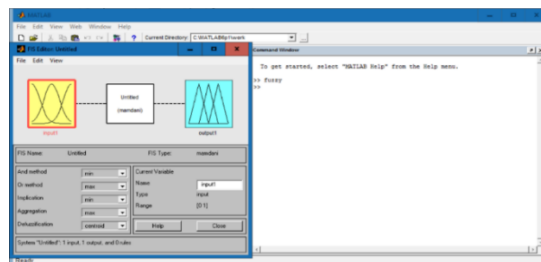
Sumber: Kusumadewi (2013)

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 Gambar 2.11



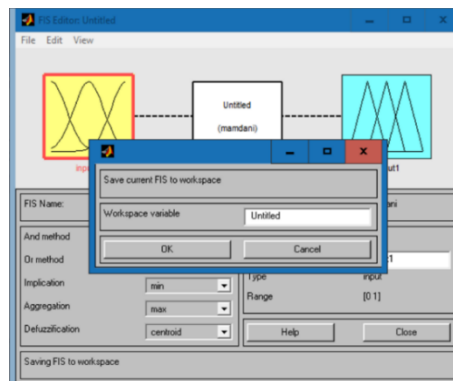
Gambar 2.11. Menu Windows Matlab
Sumber: Kusumadewi (2013)

3. Untuk memulai *fuzzy logic* dalam program MATLAB, pada MATLAB Prompt, ketik **fuzzy** dan klik *enter*. Maka akan muncul *FIS Editor*, seperti Gambar 2.12



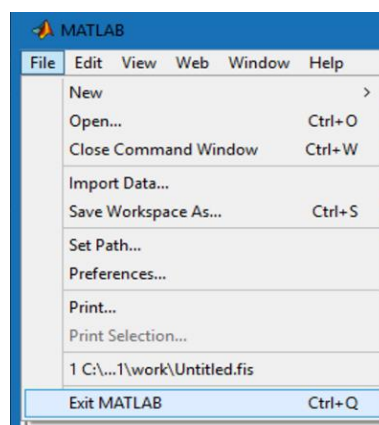
Gambar 2.12. Menu Logika fuzzy Matlab
Sumber: Kusumadewi (2013)

4. Untuk menyimpan data ke *workspace*, pilih menu *File* → pilih *Export* → pilih *To Workspace*. seperti Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Menu Menyimpan FIS (*Fuzzy Interference System*)
Sumber: Kusumadewi (2013)

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



Gambar 2.14. Menu *Exit* Matlap
Sumber: Kusumadewi (2013)

2.5. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan teori yang didapatkan dari beberapa sumber pustaka, maka untuk memperkuat hasil penelitian ini maka berikut penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini sebagai berikut:

1. **Made Budi Suwadnyana¹, A.A. Gede Bagus Ariana (2013)**, Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI), Volume 1, Nomor 2, Juli 2013, ISSN 2089-8673, dengan Judul "*Fuzzy Inference Sistem Mamdani Untuk Penentuan Kredit Pada KPN Estika Dewata*", Masalah penentuan kelayakan pemberian kredit merupakan masalah yang bersifat samar (*Fuzzy*) dikarenakan menentukan tidak bisa ditentukan secara pasti layak atau tidak. Adapun parameter-parameter yang menjadi penentu keputusan pemberian kredit adalah gaji pemohon, nominal kredit dan jangka waktu pengembalian kredit. Penelitian ini mengambil studi kasus di KPN Estika Dewata yang merupakan badan usaha yang bergerak dalam usaha simpan pinjam di bawah naungan PT. Bank Mandiri (Persero) Tbk. Kanwil XI. Tahapan pemodelan diawali dengan proses *Fuzzyfikasi* kemudian penghitungan *Fuzzy set*, proses inferensi dan proses *deFuzzyfikasi*. Variabel gaji pemohon dibagi menjadi gaji rendah, sedang dan tinggi, variabel kredit dibagi menjadi kredit rendah, sedang dan tinggi, variabel jangka waktu pengembalian dibagi menjadi jangka

waktu pengembalian cepat, sedang, dan lambat. Proses inferensi menggunakan metode mamdani. Proses ter adalah *deFuzzyfikasi*, dengan keluaran berupa nilai kelayakan kredit. Variabel kelayakan kredit dibagi menjadi tidak layak, layak dan sangat layak. Pembangunan pemodelan sistem menggunakan *Matlab Fuzzy Toolbox*. Uji coba pemodelan sistem dilakukan dengan menguji secara langsung proses pengajuan kredit di KPN Estika Dewata. Penelitian ini telah berhasil melakukan pemodelan *Fuzzy inference* sistem metode mamdani untuk penentuan pemberian kredit.

2. **Mardison (2012)**, Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan, Vol. 5 No. 1 Maret 2012, ISSN: 2086 – 4981, dengan judul "Sistem Pendukung Keputusan Dalam Pencairan Kredit Nasabah Bank Dengan Menggunakan Logika *Fuzzy* Dan Bahasa Pemrograman Java", Keputusan pencairan Kredit suatu Nasabah dapat menggunakan Sistem Pendukung Keputusan (Decision Support System) yang menggunakan 5C yaitu *character, capital, capacity, collateral* dan *condition* dengan menggunakan logika *Fuzzy* dan bahasa pemrograman Java. Penilaian dengan 5C tersebut dilakukan dengan quesioner, surat-menyurat dan wawancara. Quesioner diberikan kepada setiap Nasabah yang mengajukan kredit. Surat-menyurat yang dimaksudkan seperti KTP (Kartu Tanda Penduduk), KK (Kartu Keluarga), slip gaji dan surat lainnya. Wawancara yang dilakukan dengan pertanyaan pertanyaan oleh pihak Bank kepada Nasabah. Hasil penilaian 5C tersebut dimasukan kedalam logika *Fuzzy* dengan menggunakan metode Mamdani. Dengan menentukan variabel input dan output yang digunakan. Dengan bantuan metode *Fuzzy Logic*, keputusan pencairan kredit Nasabah cepat, efisien dan efektif.

3. **Norma Endah Haryati (2013)**, Jurnal FMIPA, Volume 4, Nomor 4, Juni 2013 ISSN: 6785-9782, dengan judul "Perencanaan Jumlah Produk Menggunakan Metode *Fuzzy* Mamdani Berdasarkan Prediksi Permintaan", Keputusan perusahaan dalam menentukan jumlah produk pada satu periode selanjutnya bergantung pada sisa persediaan dari satu periode sebelumnya dan juga perkiraan jumlah permintaan pada satu periode selanjutnya. Jumlah permintaan dan persediaan merupakan suatu ketidakpastian. Logika *Fuzzy* merupakan salah satu ilmu yang dapat menganalisa ketidakpastian, begitu juga dengan metode Pemulusan Eksponensial yang dapat digunakan meramalkan jumlah permintaan pada periode selanjutnya ketika di dukung data permintaan pada periode sebelumnya. Penelitian ini menggunakan metode Pemulusan Eksponensial Ganda dari Holt dalam meramalkan jumlah permintaan satu bulan kedepan kemudian menggunakan metode *Fuzzy*-Mamdani dalam menentukan jumlah produk berdasarkan data persediaan dan prediksi permintaan. Hasil penelitian dengan input berupa ramalan jumlah permintaan dengan parameter $\alpha = 0,2$ dan $\gamma = 0,3061957$ pada bulan Februari sebesar 12.240 unit dan sisa persediaan bulan Januari sebesar 200 unit diperoleh output berupa jumlah produk pada bulan Februari sebesar 12.400 unit sehingga sisa persediaan pada bulan Februari sebesar 160 unit.
4. **Setyoningsih Wibowo (2015)**, Jurnal Informatika UPGRIS, Volume 1 Edisi Juni 2015, ISSN: 6754-7672, dengan judul "Penerapan Logika *Fuzzy* Dalam Penjadwalan Waktu Kuliah", Penjadwalan dalam suatu perguruan tinggi harus dilakukan dengan baik sehingga tidak menimbulkan tumpang tindih antar mata kuliah yang satu dengan yang lainnya atau pun unsur yang lain. Adapun

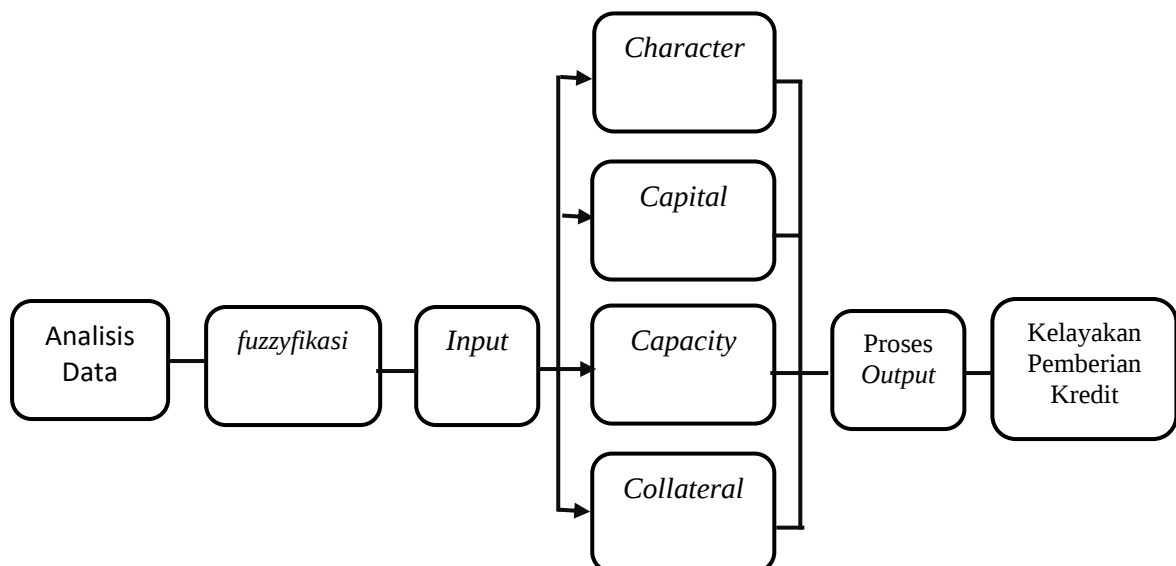
penjadwalan harus memenuhi semua kondisi yang ada meliputi mata kuliah, ruang kuliah, jam kuliah beserta dosen pengampu. Oleh karena itu diperlukan metode yang akurat untuk mengatur sistem penjadwalan tersebut. Pada penelitian penjadwalan waktu kuliah dengan menggunakan logika *Fuzzy*, ada beberapa metode yang digunakan akan tetapi penggunaan sistem inferensi *Fuzzy* yang akan dipilih. Pendekatan yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan ini, pencarian teori melalui studi pustaka dari penelitian yang terdahulu tentang penjadwalan waktu kuliah, teori tentang logika *Fuzzy* dan sistem inferensi *Fuzzy*. State of the art disusun dari penelitian dengan tema yang sama dengan permasalahan penjadwalan waktu kuliah. Tujuan dari penelitian ini menganalisa penggunaan sistem inferensi logika *Fuzzy* untuk mengatasi kesulitan dalam mengatur penjadwalan waktu kuliah. Dengan menggunakan dua kali proses pengujian yaitu pada data jadwal semester gasal tahun akademik 2012/2013 dan data jadwal semester genap tahun akademik 2012/2013. Hal ini terbukti dari peningkatan rata-rata nilai akurasi sebesar 90.12% metode mamdani dan nilai akurasi sebesar 70.63% metode sugeno dengan rata-rata selisih nilai akurasi sebesar 19.50%.

5. **Slamet Riyadhi dan Abdul Syukur (2014)**, Jurnal Teknologi Informasi, Volume 10 Nomor 2, Oktober 2014, ISSN 1414-9999, dengan judul "Uji Coba Metode Mamdani Untuk Deteksi Penyakit Diabetes Di RSUD Dr. H. Soemarno Sosroatmojo Kuala Kapuas", Diabetes adalah salah satu penyakit kronis yang dapat menyebabkan komplikasi kesehatan yang serius. Gejala diabetes ditandai dengan rasa haus yang berlebihan, sering kencing terutama malam hari, banyak makan serta berat badan yang turun dengan cepat. Disamping itu kadang-kadang ada keluhan lemah, kesemutan pada jari tangan

dan kaki, cepat lapar, gatal-gatal, penglihatan jadi kabur, gairah seks menurun, luka sukar untuk sembuh dan pada ibu-ibu sering melahirkan bayi diatas empat kilogram. Berbagai faktor genetik, lingkungan dan cara hidup berperan dalam perjalanan penyakit diabetes. Ada kecenderungan penyakit ini timbul dalam keluarga. Di samping itu juga ditemukan perbedaan kekerapan dan komplikasi diantara ras, negara dan kebudayaan. Metode logika *Fuzzy* mempunyai tiga tahapan proses yaitu fuzzifikasi, *inferensi* dan *defuzzifikasi*. Logika *Fuzzy* merupakan sebuah nilai yang memiliki kesamaran (*Fuzzyness*) antara benar dan salah. Dalam teori logika *Fuzzy* sebuah nilai bisa bernilai benar dan salah secara bersamaan tapi berapa besar kebenaran dan kesalahan suatu nilai tergantung dari berapa besar bobot keanggotaan yang dimilikinya.

2.6. Kerangka Pemikiran

Berdasarkan teori-teori yang telah diperoleh dan dijelaskan, maka kerangka berpikir dari penelitian, digambarkan pada kerangka pemikiran yang disajikan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.15. Kerangka Pemikiran
Sumber: Kusumadewi (2013)