

BAB II

LANDASAN TEORI

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari topik pembahasan, maka diperlukan teori-teori pendukung untuk mensukseskan penelitian yang akan dilaksanakan. Agar mencapai hasil yang diharapkan.

2.1 Logika Fuzzy

Konsep logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh professor Lotfi A. Zadeh dari *Universitas California*, pada bulan Juni 1965. Logika *fuzzy* merupakan generalisasi dari logika klasik yang hanya memiliki dua nilai keanggotaan yaitu 0 dan 1.

Definisi logika *fuzzy* menurut (2004, Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo). Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* kedalam suatu ruang *output*. Cara memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output* dapat digunakan beberapa cara, di antaranya sistem *fuzzy*, sistem linear, sistem pakar, jaringan syaraf, persamaan *differensial*, tabel *interpolasi multidimensi*.

Dalam logika *fuzzy*, nilai kebenaran suatu pernyataan berkisar dari sepenuhnya benar sampai dengan sepenuhnya salah. Dengan teori himpunan *fuzzy*, suatu objek dapat menjadi anggota dari banyak himpunan dengan derajat keanggotaan yang berbeda dalam masing-masing himpunan.

Logika *fuzzy* memiliki beberapa keunggulan, antara lain sebagai berikut:

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran logika *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat *fleksibel*.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi *nonlinear* yang kompleks.

5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara *konvensional*.

2.1.1 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* atau himpunan kabur (*fuzzy set*) adalah regenerasi konsep himpunan biasa (*ordiner*). Untuk semesta wacana (*universe of discourse*) U . (Tomas Sridodo. 2005, hal 81).

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu pengembangan lebih lanjut tentang konsep himpunan dalam matematika. Himpunan *fuzzy* adalah rentang nilai-nilai, masing-masing nilai mempunyai derajat keanggotaan antara 0 sampai dengan 1.

Suatu himpunan *fuzzy* \tilde{A} dalam semesta pembicaraan U dinyatakan dengan fungsi keanggotaan $\mu_{\tilde{A}}$, yang nilainya berada dalam *interval* $[0,1]$, dapat dinyatakan dengan:

$$\mu_{\tilde{A}} : U \rightarrow [0,1] \dots \dots \dots (2.1)$$

Himpunan *fuzzy* \tilde{A} dalam semesta pembicaraan U biasa dinyatakan sebagai sekumpulan pasangan elemen μ (μ anggota U) dan derajat keanggotaannya dinyatakan sebagai berikut:

$$\tilde{A} = \{(\mu, \mu_{\tilde{A}}(\mu)) | \mu \in U\} \dots \dots \dots (2.2)$$

Ada beberapa cara untuk menotasikan himpunan *fuzzy*, antara lain:

1. Himpunan *fuzzy* ditulis sebagai pasangan berurutan, dengan elemen pertama menunjukkan nama elemen dan elemen kedua menunjukkan nilai keanggotaannya.
2. Apabila semesta X adalah himpunan yang diskret, maka himpunan *fuzzy* \tilde{A} dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$\tilde{A} = \mu_{\tilde{A}}(x_1)/x_1 + \mu_{\tilde{A}}(x_2)/x_2 + \dots \dots \dots \mu_{\tilde{A}}(x_n)/x_n \dots \dots \dots (2.3)$$

Atau

$$\tilde{A} = \sum_i^n = 1 \mu_{\tilde{A}}(x_i)/x_i \dots \dots \dots (2.4)$$

Tanda Σ bukan menotasikan operasi penjumlahan seperti yang dikenal pada *aritmatika*, tetapi melambangkan keseluruhan unsur-unsur $x \in X$ bersama dengan fungsi keanggotaan $\mu_{\tilde{A}}(x)$ dalam himpunan *fuzzy* \tilde{A} . Tanda $+$ bukan menotasikan penjumlahan, tetapi melambangkan pemisahan antara keanggotaan elemen himpunan *fuzzy* \tilde{A} dan fungsi keanggotaan yang lain. Tanda $/$ juga bukan lambang pembagian yang dikenal dalam kalkulus, tetapi melambangkan hubungan antara satu elemen himpunan *fuzzy* \tilde{A} dan fungsi keanggotaannya.

3. Apabila semesta X adalah himpunan yang kontinu maka himpunan *fuzzy* \tilde{A} dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$\tilde{A} = \int_x \mu_{\tilde{A}}(x)/x \dots \dots \dots (2.4)$$

Tanda \int bukan lambang integral seperti dalam kalkulus, yang menotasikan suatu integrasi, melainkan keseluruhan unsur-unsur titik $x \in X$ bersama dengan fungsi keanggotaan $\mu_{\tilde{A}}(x)$ dalam himpunan *fuzzy* \tilde{A} . Tanda $/$ juga bukan lambang pembagian yang dikenal dalam kalkulus, tetapi melambangkan hubungan antara satu elemen x pada himpunan *fuzzy* \tilde{A} dengan fungsi keanggotaannya.

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: permintaan, persediaan, produksi, dan sebagainya.
 Contoh variabel dikaitkan dengan himpunan, yaitu:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Variabel produksi barang terbagi menjadi 2 himpunan *fuzzy*, yaitu: himpunan *fuzzy* BERTAMBAH dan himpunan *fuzzy* BERKURANG.
- Variabel permintaan terbagi menjadi 2 himpunan *fuzzy*, yaitu: himpunan *fuzzy* NAIK dan himpunan *fuzzy* TURUN.
- Variabel persediaan terbagi menjadi 2 himpunan *fuzzy*, yaitu: himpunan *fuzzy* SEDIKIT dan himpunan *fuzzy* BANYAK.

2. Himpunan *fuzzy*

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

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu :

- *Linguistik*, yaitu penamaan suatu grup yang memiliki suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa, seperti : MUDA, PAROBAYA, TUA.
- *Numeris*, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variable seperti : 5, 10, 15, dan sebagainya.

3. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*.

4. Domain

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

2.1.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*member function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval 0 sampai 1.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah menggunakan pendekatan fungsi (Kusumadewi dan Purnomo, 2010. dirangkum Fanoel Thamrin, 2012).

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data kedalam nilai keanggotaan yang memiliki *interval* antara 0 sampai 1. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan diantaranya :

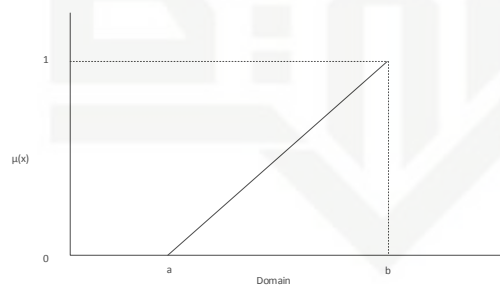
- Representasi Linear.
- Representasi Kurva Segitiga.
- Representasi Kurva Trapesium.

A. Representasi kurva linear

Pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya dapat 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*.

1. Representasi linear naik

Yaitu kenaikan himpunan dimulai dari nilai domain yang memiliki nilai keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi. Agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



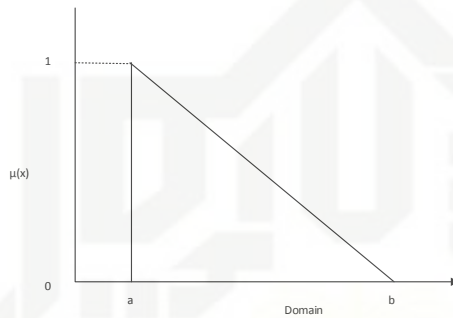
Gambar 2.1 Representasi kurva linear naik

Fungsai keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & ; x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a < x \leq b \end{cases} \dots\dots\dots(2.5)$$

2. Representasi linear turun

Yaitu garis lurus yang dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak turun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah, agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



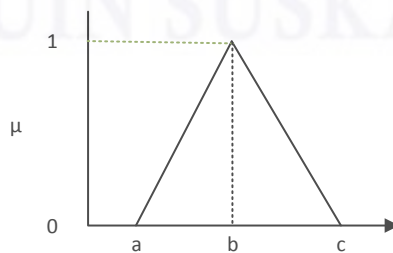
Gambar 2.2 Representasi kurva linear turun

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & ; a \leq x < b \\ \frac{(b-x)}{(b-a)} & ; x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots(2.6)$$

B. Representasi kurva segitiga

pada dasarnya adalah gabungan antara dua representasi *linear* (representasi linear naik dan representasi linear turun) dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



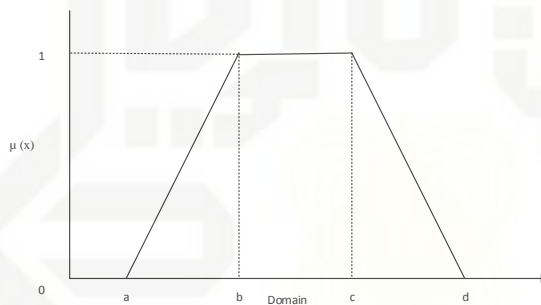
Gambar 2.3 Representasi kurva segitiga

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & ; b < x < c \end{cases} \dots\dots\dots(2.7)$$

C. Representasi kurva trapesium

pada dasarnya seperti bentuk kurva segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 (satu), dapat dilihat pada gambabr dibawah ini.



Gambar 2.4 Representasi kurva trapesium

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a < x \leq b \\ 1; & ; b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & ; c < x < d \end{cases} \dots\dots\dots(2.8)$$

2.1.3 Operasi pada himpunan fuzzy

Seperti halnya himpunan tegas (*crisp set*), ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua himpunan sering dikenal dengan nama *fire strength* atau *α-cut*. Ada tiga operator dasar yaitu: AND, OR, dan NOT.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Operasi AND

Operasi AND (*intersection*) berhubungan dengan operasi irisan pada himpunan. *Intersection* dari 2 himpunan adalah minimum dari tiap pasangan elemen pada kedua himpunan. Dimisalkan, himpunan *fuzzy* \tilde{C} adalah *intersection* dari himpunan *fuzzy* \tilde{A} dan himpunan *fuzzy* \tilde{B} dan didefinisikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \tilde{C} &= (\tilde{A} \cap \tilde{B})(x) \\ &= \min\{\tilde{A}(x), \tilde{B}(x)\} \\ &= \tilde{A}(x) \wedge \tilde{B}(x) \forall x \in X \dots\dots\dots(2.9) \end{aligned}$$

Dengan derajat keanggotaannya adalah :

$$\begin{aligned} \mu_{\tilde{C}}(x) &= \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) \\ &= (\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) \text{ untuk semua } x \in X \dots\dots\dots(2.10) \end{aligned}$$

2. Operasi OR

Operasi OR (*union*) berhubungan dengan operasi gabungan pada himpunan. *Union* dari 2 himpunan adalah maksimum dari tiap pasang elemen pada kedua himpunan. Dimisalkan, himpunan *fuzzy* \tilde{C} adalah *union* dari himpunan *fuzzy* \tilde{A} dan himpunan *fuzzy* \tilde{B} dan didefinisikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \tilde{C} &= (\tilde{A} \cup \tilde{B})(x) \\ &= \max\{\tilde{A}(x), \tilde{B}(x)\} \\ &= \tilde{A}(x) \vee \tilde{B}(x) \forall x \in X \dots\dots\dots(2.11) \end{aligned}$$

Dengan derajat keanggotaannya adalah :

$$\begin{aligned} \mu_{\tilde{C}}(x) &= \max(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) \\ &= (\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) \text{ untuk semua } x \in X \dots\dots\dots(2.12) \end{aligned}$$

3. Operasi NOT

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Operasi NOT berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. Komplemen himpunan *fuzzy* \tilde{A} diberi tanda \tilde{A}^c (NOT \tilde{A}) dan didefinisikan sebagai berikut :

$$\tilde{A}^c = 1 - \tilde{A}(x) \dots \dots \dots (2.13)$$

Dengan derajat keanggotaannya adalah :

$$\tilde{A}^c = 1 - \tilde{A}(x) \dots \dots \dots (2.14)$$

2.1.4 Proposisi Fuzzy

Proposisi *fuzzy* adalah kalimat yang memuat predikat *fuzzy*, yaitu predikat yang dapat direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy*. Proposisi *fuzzy* yang mempunyai kebenaran tertentu disebut pernyataan *fuzzy*. Nilai kebenaran suatu pernyataan *fuzzy* dapat dinyatakan dengan suatu bilangan real dalam rentang [0,1]. Nilai kebenaran itu disebut juga derajat kebenaran pernyataan *fuzzy*. Bentuk umum suatu proposisi *fuzzy* adalah:

“*x* adalah A”

Dengan *x* adalah suatu variabel linguistik dan A adalah predikat yang menggambarkan keadaan *x*. Bila \tilde{A} adalah himpunan *fuzzy* yang dikaitkan dengan nilai linguistik A, dan x_0 adalah suatu elemen tertentu dalam semesta X dari himpunan *fuzzy* \tilde{A} , maka x_0 memiliki derajat keanggotaan $\mu_{\tilde{A}}(x_0)$ dalam himpunan *fuzzy* \tilde{A} . Derajat kebenaran pernyataan *fuzzy* “ x_0 adalah A” didefinisikan sama dengan derajat keanggotaan x_0 dalam himpunan *fuzzy* \tilde{A} , yaitu $\mu_{\tilde{A}}(x_0)$

2.1.5 Implikasi Fuzzy

Proposisi *fuzzy* yang sering digunakan dalam aplikasi teori *fuzzy* adalah implikasi *fuzzy*. Bentuk umum suatu implikasi *fuzzy* adalah :

“Jika *x* adalah A, maka *y* adalah B”

dengan *x* dan *y* adalah variabel linguistik, A dan B adalah predikat-predikat *fuzzy* yang dikaitkan dengan himpunan-himpunan *fuzzy* \tilde{A} dan \tilde{B} dalam semesta X

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dan Y berturut-turut. Proposisi yang mengikuti kata “Jika” disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti kata “maka” disebut sebagai konsekuen.

2.1.6 Sistem Inferensi *Fuzzy*

Sistem inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference System/FIS*), yaitu sistem komputasi yang bekerja atas dasar prinsip penalaran *fuzzy*, seperti halnya manusia melakukan penalaran dengan nalurinya. Misalnya, sistem pendukung keputusan, sistem klasifikasi data, sistem pakar, sistem pengenalan pola, *robotika*, dan sebagainya.

Sistem inrerensi *fuzzy* berfungsi untuk mengambil keputusan melalui *proses* tertentu dengan mempergunakan aturan inferensi berdasarkan logika *fuzzy*.

Pada dasarnya sistem inferensi *fuzzy* terdiri dari empat unit, yaitu :

1. Unit *fuzzifikasi* (*fuzzification unit*)
2. Unit penalaran logika *fuzzy* (*fuzzy logic reasoning unit*)
3. Unit basis pengetahuan (*knowledge base unit*), yang terdiri dari dua bagian:
 - a. Basis data (*data base*), yang memuat fungsi-fungsi keanggotaan dari himpunan-himpunan *fuzzy* yang terkait dengan nilai dari variabel-variabel linguistik yang dipakai.
 - b. Basis aturan (*rule base*), yang memuat aturan-aturan berupa *implikasi fuzzy*.
4. Unit *defuzzifikasi* (*defuzzification unit* / unit penegasan)

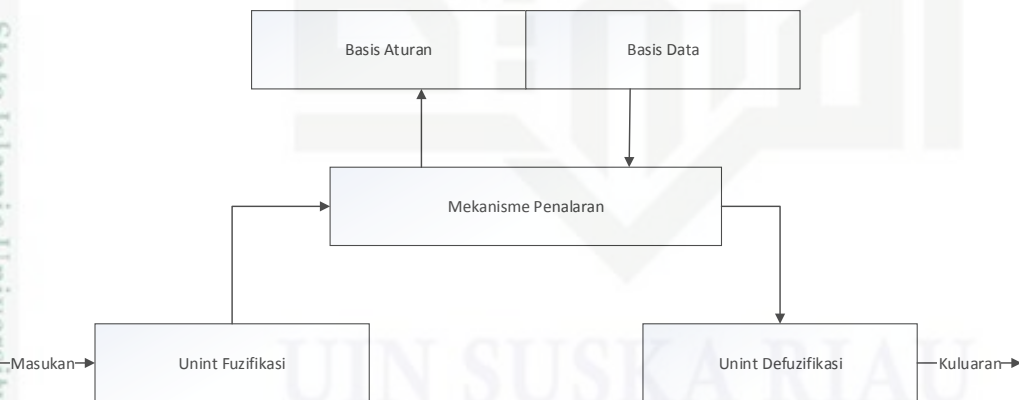
Metode *defuzzifikasi* yang digunakan adalah metode *centroid*. Terdapat beberapa metode *defuzzifikasi* dalam pemodelan sistem *fuzzy*, diantaranya: Metode *Centroid*, Metode *Bisektor*, Metode *Mean of Maximum*.

- **Metode *Centroid***

Metode *centroid* adalah metode pengambilan keputusan dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy* (Frans Susilo, 2006). Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

- **Metode Bisektor**
 Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.
- **Metode Mean of Maximum (MOM)**
 Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum

Pada sistem inferensi *fuzzy*, nilai-nilai masukan tegas dikonversikan oleh unit *fuzzifikasi* ke nilai *fuzzy* yang sesuai. Hasil pengukuran yang telah di *fuzzy* kan itu kemudian *diproses* oleh unit penalaran, yang dengan menggunakan unit basis pengetahuan, menghasilkan himpunan (himpunan-himpunan) *fuzzy* sebagai keluarannya. Langkah terakhir dikerjakan oleh unit *defuzzifikasi* yaitu menerjemahkan himpunan (himpunan-himpunan) keluaran itu kedalam nilai (nilai-nilai) yang tegas. Nilai tegas inilah yang kemudian direalisasikan dalam bentuk suatu tindakan yang dilaksanakan dalam *proses* itu. Langkah-langkah tersebut secara skematis disajikan dalam gambar dibawah ini :



Gambar 2.5 Struktur dasar sistem inferensi *fuzzy*

2.2 Sistem Inferensi *Fuzzy* Mamdani

(2014. Yoakim Marinus Hasibuan) *Fuzzy* inferensi sistem *Mamdani* adalah metode dimana himpunan *fuzzy* yang merupakan *input* dari setiap aturan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dikombinasikan dengan menggunakan *operator* dan kemudian menghasilkan *output* pada suatu sistem.

Sistem inferensi *fuzzy* Mamdani dikenal juga dengan nama metode *Max Min*. FIS *mamdani* bekerja berdasarkan aturan-aturan linguistik. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim H. Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *output* (hasil), diperlukan 4 tahapan :

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Menentukan semua variabel yang terkait dalam *proses* yang akan ditentukan. Untuk masing-masing *variabel input*, tentukan suatu fungsi *fuzzifikasi* yang sesuai. Pada metode Mamdani, baik variabel *input* maupun *variabel output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Menyusun basis aturan, yaitu aturan-aturan berupa implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan relasi antara variabel *input* dengan variabel *output*. Pada metode *mamdani*, fungsi implikasi yang digunakan adalah *Min*. Bentuk umumnya adalah sebagai berikut :

“Jika a adalah A_i dan b adalah B_i , maka c adalah C_i ”

Dengan A_i , B_i , dan C_i adalah predikat-predikat *fuzzy* yang merupakan nilai linguistik dari masing-masing variabel. Banyaknya aturan ditentukan oleh banyaknya nilai linguistik untuk masing-masing *variabel* masukan.

3. Komposisi aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan kolerasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu :

- Metode *Max (Maximum)*

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakan nilai tersebut untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan *operato* OR (gabungan). Jika semua proporsi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap *proporsi*. Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \dots \dots \dots (2.15)$$

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 *Additive (Sum)*

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan penjumlahan terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

- Metode *Probabilistik (probor)*

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan perkalian terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

4. *Defuzzifikasi*

Input dari *proses* penegasan adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan *real* yang tegas. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai tegas tertentu sebagai *output*.

Ada beberapa cara metode penegasan yang biasa dipakai pada komposisi aturan *mamdani*, dalam tugas akhir ini metode yang akan dipakai adalah metode *centroid*:

- Metode *Centroid (Composite Moment)*

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan :

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \mu_{\bar{A}_i}(d_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_{\bar{A}_i}(d_i)} \dots \dots \dots (2.16)$$

Untuk domain diskret, dengan *d_i* adalah nilai keluaran pada aturan ke-*i* dan $\mu_{\bar{A}_i}(d_i)$ adalah derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke-*I* sedangkan *n* adalah banyaknya aturan yang digunakan.

$$Z_0 = \frac{\int_a^b z \cdot \mu(z) dz}{\int_a^b \mu(z) dz} \dots \dots \dots (2.17)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Untuk *domain kontiniu*, dengan Z_0 adalah nilai hasil *defuzzifikasi* dan $\mu(z)$ adalah derajat keanggotaan titik tersebut, sedangkan Z adalah nilai *domain ke-i*.

2.3 Sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto

Sistem inferensi *fuzzy tsukamoto*, konsekuensi dari setiap aturan *fuzzy IF-THEN* disajikan dengan himpunan *fuzzy MF* monoton, sehingga keluaran inferensi setiap aturan didefinisikan sebagai nilai tegas yang di indukasikan oleh kuat penyulutan aturan. Keluaran keseluruhan merupakan rata-rata bobot dari setiap aturan keluaran (Tomas Sridodo. 2005, hal 124).

Dalam inferensinya, metode *tsukamoto* menggunakan tahapan sebagai berikut:

1. *Fuzzyfikasi*, yaitu proses untuk mengubah input sistem yang mempunyai nilai tegas menjadi *variabel linguistik* menggunakan fungsi keanggotaan yang disimpan dalam basis pengetahuan *fuzzy*.
2. Pembentukan basis pengetahuan *fuzzy (Rule* dalam bentuk *IF...THEN)*, yaitu, secara umum bentuk model *fuzzy tsukamoto* adalah *IF (X IS A) and (Y IS B) and (Z IS C)*, dimana A,B, dan C adalah himpunan *fuzzy*.
3. Mesin inferensi, yaitu proses dengan 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* ($z_1, z_2, z_3, \dots z_n$).
4. *Defuzzyfikasi*, dengan menggunakan metode rata-rata (*Average*):

$$Z = \frac{\sum a_1.z_1}{\sum a_1} \dots \dots \dots (2.18)$$

Karena setiap aturan menginferensi keluaran tegas, model *fuzzy tsukamoto* menggabung dari setiap keluaran aturan dengan metode rata-rata terbobot sehingga menghindari *proses defuzzyfikasi* yang memboroskan waktu.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.4 Hydraulic Excavator

Hydraulic Excavator adalah alat serbaguna yang dapat dipergunakan untuk menggali tanah, membuat parit, memuat material ke *dump truck* atau kayu ke trailer. Dengan kombinasi penggantian *attachment* maka dapat juga dipergunakan untuk memecah batu, mencabut tanggul, membongkar aspal dan lain-lain. Konstruksi *excavator*, bagian atasnya mampu berputar hingga 360 derajat sehingga alat ini sangat lincah untuk penggalian dan pemindahan tanah pada area yang sempit.

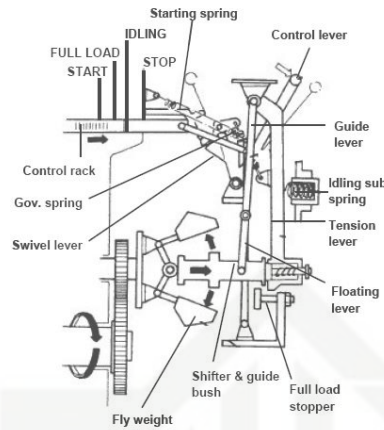


Gambar 2.6 Hydraulic Excavator

2.4.1 Kerusakan Mesin Terkait

A. *Idling System*

Jika kontrol *lever* dikembalikan ke posisi *idling* setelah *engine* hidup, maka ketegangan *governor spring* akan berkurang, dan menyebabkan *fly weight* mengembang pada saat putaran rendah. Kemudian *shifter* akan bergerak kekanan mendorong *tension lever* sampai menyentuh *idling sub spring*. Bergeraknya *tension lever* mengakibatkan *floating lever* juga bergerak kekanan dan membawa kontrol *rack* ke arah posisi *idling*. Pada saat rpm meningkat *fly weight* akan mengembang dan *tension lever* mendorong ke arah kanan pada saat ini *idling sub spring* akan bekerja untuk menjaga rpm *idling* sampai terjadi keseimbangan antara ketegangan *idling sub spring* dengan gaya yang ditimbulkan oleh *fly weight*. Agar lebih jelas bias dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Idling system (*Engine Diesel 2*, 2009)

B. *Temperature*

- Kesemibangan dan kerugian panas
 - Keseimbangan panas

Keseimbangan panas perhitungan secara sistematis tentang pendistribusian energi yang dapat diubah menjadi sebuah kerja yang efektif serta yang dirubah kedalam bentuk kerugian panas.

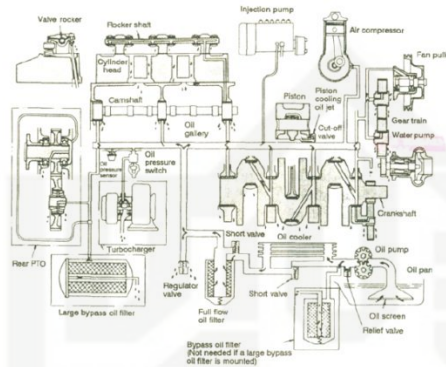
- Kerugian panas

Kalori yang hilang oleh air pendingin, udara pendingin, dan lain – lain dinamakan kerugian panas. Kerugian panas pada *engine* sebangian besar disebabkan oleh adanya pendingin *engine* (panas hilang melalui dinding – dinding ruang bakar), gas buang (panas hilang bersama – sama dengan keluarnya gas buang), dan adanya radiasi (panas hilang kerana adanya radiasi).

C. *Oil condition (Kondisi Oli)*

Pelumas pada *engine* berfungsi untuk melumasi komponen – komponen yang bergesekan dan mencegah berkaratnya bagian – bagian *engine* yang bergerak *translasi* maupun *rotasi*. Tujuannya untuk mempertahankan umur dan daya tahan komponen sesuai dengan umur ekonomisnya. Pada sistem pelumas

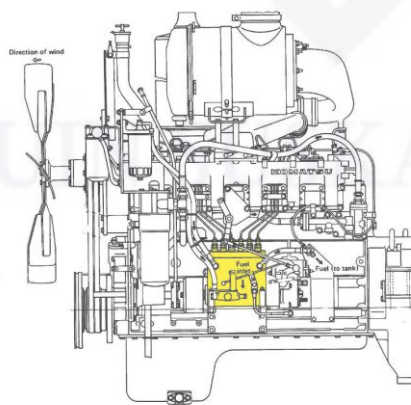
didukung oleh beberapa component utama diantaranya adalah *oil pump*, *oil filter*, *lubricating valve*, *oil cooler*, *thermostat* dan sebagainya. Agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 Gambaran umum sistem pelumas (*Engine Diesel 2*, 2009)

D. Pompa Injeksi Bahan Bakar (*Fuel Injection*)

Pemipa injeksi bahan bakar (*fuel injection*) berfungsi untuk mensuplai bahan bakar ke ruang bakar, melalui *nozzle* dengan tekanan tinggi. Bahan bakar yang diinjeksikan dengan tekanan tinggi tersebut akan membentuk kabut partikel – partikel bahan bakar yang sangat halus sehingga bercampur dengan udara. Untuk lebih jelas Pompa injeksi bahan bakar (*fuel injection*) dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini



Gambar 2.9 *Fuel injection* (*Engine Diesel 2*, 2009)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

E. Gas Buang (*Exhaust Gas*)

Gas buang adalah gas yang dihasilkan oleh *proses* pembakaran bahan bakar didalam ruang bakar dan dikeluarkan melalui pipa buang. Gas buang mengandung sebagian besar gas yang tidak berbahaya, seperti: *nitrogen*, uap air, dan *carbon dioxide*. Selain itu gas buang juga mengandung bahan-bahan yang beracun seperti : *carbon monoxide*, *hydrocarbons*, *nitrogen oxide* dan asap hitam.

Gas buang juga dapat digunakan sebagai alat untuk mendeteksi adanya kerusakan pada engine. Warna yang dikeluarkan dari proses pembakaran dapat bermacam – macam tergantung pada kondisi *engine* tersebut. Dalam ini terdapat beberapa warna gas buang yang dimungkinkan terjadi yaitu: warna hitam, warna kebiru – biruan, warna putih dan transparan.

2.5 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya merupakan gambaran dari penelitian yang pernah dilakukan oleh para peneliti dan diharapkan dapat membantu dalam pembuatan *proses* pada penelitian yang baru beberapa diantaranya dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

Penelitian Terkait				
No	Peneliti	Judul	Metode	Kesimpulan
1	2017. Asri Bunga Renjani, dkk	Implementasi <i>Fuzzy Inferensi</i> Sistem (FIS) <i>Mamdani</i> Dalam Pemilihan Pekerjaan Bagi Lulusan IBI Darmajaya	FIS Mamdani	Proses pemilihan pekerjaan dengan menggunakan metode <i>fuzzy mamdani</i> menjadikan hasil <i>output</i> dalam seleksi pemilihan saran pekerjaan lebih objektif dan sesuai

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Penelitian Terkait				
No	Peneliti	Judul	Metode	Kesimpulan
				dengan kriteria yang diinginkan.
2	2014. Galuh Mazenda, dkk	Implementasi <i>Fuzzy</i> Inferensi Sistem <i>Tsukamoto</i> (FIS) Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai	FIS Stukamoto	FIS <i>Tsukamoto</i> memiliki kinerja sistem yang mampu berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian <i>black box</i> yang memberikan nilai presentase sebesar 100%. Berdasarkan hasil pengujian akurasi dari 60 data yang diuji, 90% terbukti adanya kesesuaian hasil perhitungan sistem.
3	2017. S. Yurida, dkk	Analisa Perbandingan Harga Mobil Bekas Menggunakan Metode Fuzzy Inferensi System (FIS) Mamdani Dan Tsukamoto	FIS Mamdani dan Stukamoto	Dari penelitian tersebut memiliki hasil, bahwa metode <i>fuzzy tsukamoto</i> lebih mahal dibandingkan dengan hasil perkiraan harga mobil bekas menggunakan metode <i>fuzzy mamdani</i> dengan selisih rata-rata $\pm 22\%$.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Penelitian Terkait				
No	Peneliti	Judul	Metode	Kesimpulan
				Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode <i>fuzzy mamdani</i> lebih baik pada kasus tersebut.
4	2017. Agus Wantoro, dkk	Komparasi Perhitungan Pemilihan Mahasiswa Terbaik Menggunakan Metode Statistik Klasik Dengan Logika Fuzzy (Tsukamoto dan Mamdani) Studi Kasus: STEMIK Teknokrat	FIS Tsukamoto dan Mamdani	Untuk hasil perhitungan dengan <i>fuzzy mamdani</i> nilainya lebih besar dibanding dengan <i>fuzzy tsukamoto</i> .
5	2016. Sambodo Wisno Murti, dkk	Analisis Perbandingan Nilai Bobot Berubah Pada Analisis Titik Fungsi Antara Sistem Inferensi Fuzzy Mamdani dan Tsukamoto Untuk Estimasi	FIS Stukamoto dan Mamdani	<i>fuzzy metode Mamdani</i> didapatkan rata-rata error relatif terkecil yaitu 2,3%, metode Tsukamoto didapatkan MRE sebesar 2,75%, rata-rata waktu proses metode Tsukamoto didapatkan waktu proses 1.9 ms.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Penelitian Terkait				
No	Peneliti	Judul	Metode	Kesimpulan
		Ukuran Perangkat Lunak		Mamdani yaitu 3 ms.



UIN SUSKA RIAU