

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar

Untuk menghasilkan penelitian yang baik dan terarah, maka diperlukan landasan berupa teori-teori yang telah ada. Landasan teori membahas teori-teori yang berhubungan dan berfungsi sebagai acuan agar penelitian tidak menyimpang dari tujuan awal yang telah ditetapkan.

2.1.1 Kecerdasan Buatan

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 disini merujuk pada mesin yang mampu berfikir, menimbang tindakan yang akan diambil, dan mampu mengambil keputusan seperti yang dilakukan oleh manusia (Sutojo, Mulyanto, & Suhartono, 2011).

Jika dibandingkan dengan kecerdasan alami (kecerdasan yang dimiliki oleh manusia), kecerdasan buatan memiliki keuntungan komersial, antara lain :

1. Kecerdasan buatan lebih bersifat permanen. Kecerdasan alami akan cepat mengalami perubahan. Kemampuan kecerdasan buatan tidak akan pernah berubah selama programnya tidak diubah oleh programmer.

Berbeda dengan kecerdasan alami. Karena sifat manusia yang subjektif, pelupa, dan makin lama makin tua hingga kemampuan berpikirnya berkurang seiring bertambahnya waktu, kemampuan kecerdasan alami cenderung tidak permanen.

2. Kecerdasan buatan lebih mudah diduplikasi dan disebar. Misalnya saja pemerintah membutuhkan 10.000 orang pakar penyakit jantung untuk ditempatkan di seluruh Indonesia. Bayangkan kalau pemerintah harus menyekolahkan anak bangsa sejumlah 10.000 orang, mulai dari SD sampai lulus sarjana kedokteran spesialis penyakit jantung. Waktu yang dibutuhkan Minimal 20 tahun. Jika biaya pendidikan 1 orang Rp100 juta, maka untuk 10.000 orang biaya yang diperlukan adalah Rp1 triliun. Belum lagi kendala jika orangnya meninggal sebelum menjadi sarjana. Kalau sudah jadi sarjana, pemerintah akan kesulitan untuk mendistribusikan mereka ke pelosok-pelosok Indonesia. Hal ini sangat tidak efisien. Sementara itu, untuk kecerdasan buatan, pemerintah cukup membuat 1 sistem pakar penyakit jantung dengan waktu yang relatif lebih cepat dan biaya yang jauh lebih murah. Proses duplikasi dan pendistribusiannya ke seluruh pelosok tanah air pun sangat mudah.
3. Kecerdasan buatan lebih murah dibandingkan kecerdasan alami. Hal ini tergambar seperti dijelaskan dalam nomor 2.
4. Kecerdasan buatan bersifat konsisten. Misalnya saja telah dibuat sistem pakar hakim pengadilan untuk mengadili kasus-kasus pidana di Indonesia. Untuk kasus yang sama, solusi dan keputusan yang dibuat oleh kecerdasan buatan

tidak pernah berubah. Berbeda dengan kecerdasan alami. Arti kata hakim bisa berubah menjadi “ Hubungi Aku Kalau Ingin Menang”. Untuk kasus yang sama, solusi dan keputusan yang dibuat oleh kecerdasan alami bisa berubah-ubah tergantung orang yang terkena kasus telah menghubungi hakim atau tidak.

5. Kecerdasan buatan dapat didokumentasi. Solusi dan keputusan yang dibuat oleh kecerdasan buatan dapat didokumentasi dengan mudah karena disimpan didalam hard disk, dan pencarian datanya relatif lebih mudah dilacak. Sedangkan untuk kecerdasan alami, hal ini sangat sulit dilakukan.
6. Kecerdasan buatan dapat mengerjakan pekerjaan lebih cepat dibanding dengan kecerdasan alami. Tentu saja karena kecepatan berpikir dari sebuah prosesor jauh lebih cepat dibanding kecepatan berpikir dari otak manusia.
7. Kecerdasan buatan dapat mengerjakan pekerjaan lebih baik dibanding dengan kecerdasan alami.

Sementara itu, kecerdasan alami memberikan keuntungan sebagai berikut.

1. Kreatif. Pengetahuan seorang manusia selalu bertambah seiring dengan perkembangan waktu. Sifat bosan manusia pun mengakibatkan ia harus berpikir kreatif untuk mencari solusi-solusi terbaru. Berbeda dengan kecerdasan buatan, penambahan pengetahuan harus dilakukan pada sistem yang telah dibangun.
2. Kecerdasan alami memungkinkan orang menggunakan pengalaman secara langsung. Sedang pada kecerdasan buatan harus bekerja dengan input-input simbolik.

3. Pemikiran manusia dapat digunakan secara luas, sedangkan kecerdasan buatan sangat terbatas.

2.1.2 Sistem Pakar (*Expert System*)

Sistem pakar adalah sistem yang menggunakan pengetahuan manusia yang terekam dalam komputer untuk memecahkan persoalan yang biasanya memerlukan keahlian manusia (Agustina, Mustafidah, & Purbowati, 2016).

Sistem pakar adalah suatu sistem yang dirancang untuk dapat menirukan keahlian seorang pakar dalam menjawab pertanyaan dan memecahkan suatu masalah. Sistem pakar akan memberikan pemecahan suatu masalah yang didapat dari dialog dengan pengguna. Dengan bantuan sistem pakar seseorang yang bukan pakar/ahli dapat menjawab pertanyaan, menyelesaikan masalah serta mengambil keputusan yang biasanya dilakukan oleh seorang pakar (Sutojo et al., 2011).

Sistem pakar menjadi sangat populer karena sangat banyak kemampuan dan manfaat yang diberikannya, diantaranya:

1. Meningkatkan produktivitas, karena sistem pakar dapat bekerja lebih cepat daripada manusia.
2. Membuat seorang yang awam bekerja seperti layaknya seorang pakar.
3. Meningkatkan kualitas, dengan memberi nasehat yang konsisten dan mengurangi kesalahan.
4. Mampu menangkap pengetahuan dan kepakaran seseorang.
5. Dapat beroperasi di lingkungan yang berbahaya.
6. Memudahkan akses pengetahuan seorang pakar.

7. Andal. Sistem pakar tidak pernah menjadi bosan dan kelelahan atau sakit.
8. Meningkatkan kapabilitas sistem komputer. Integrasi sistem pakar dengan sistem komputer lain membuat sistem lebih efektif dan mencakup lebih banyak aplikasi.
9. Mampu bekerja dengan informasi yang tidak lengkap atau tidak pasti. Berbeda dengan sistem komputer konvensional. Sistem pakar dapat bekerja dengan informasi yang tidak lengkap. Pengguna dapat merespons dengan: “ tidak tahu ” atau “ tidak yakin” pada satu atau lebih pertanyaan selama konsultasi dan sistem pakar tetap akan memberikan jawabannya.
10. Bisa digunakan sebagai media pelengkap dalam pelatihan. Pengguna pemula yang bekerja dengan sistem pakar akan menjadi lebih berpengalaman karena adanya fasilitas penjelas yang berfungsi sebagai guru.
11. Meningkatkan kemampuan untuk menyelesaikan masalah karena sistem pakar mengambil sumber pengetahuan dari banyak pakar.

Selain manfaat, ada juga beberapa kekurangan yang ada pada sistem pakar, diantaranya:

1. Biaya yang sangat mahal untuk membuat dan memeliharanya.
2. Sulit dikembangkan karena keterbatasan keahlian dan ketersediaan pakar.
3. Sistem pakar tidak 100% bernilai benar.

Ciri-ciri dari sistem pakar adalah sebagai berikut:

1. Terbatas pada domain keahlian tertentu.
2. Dapat memberikan penalaran untuk data-data yang tidak lengkap atau tidak pasti.
3. Dapat menjelaskan alasan-alasan dengan cara yang dapat dipahami.
4. Bekerja berdasarkan kaidah/rule tertentu.
5. Mudah dimodifikasi.
6. Basis pengetahuan dan mekanisme inferensi terpisah.
7. Keluarannya bersifat anjuran.
8. Sistem dapat mengaktifkan kaidah secara searah yang sesuai, dituntun oleh dialog dengan pengguna.

Kepakaran merupakan suatu pengetahuan yang diperoleh dari pelatihan, membaca dan pengalaman. Kepakaran inilah yang memungkinkan para ahli dapat mengambil keputusan lebih cepat dan lebih baik daripada seseorang yang bukan pakar. Kepakaran ini sendiri meliputi pengetahuan tentang:

1. Fakta-fakta tentang bidang permasalahan tertentu.
2. Teori-teori tentang bidang permasalahan tertentu.
3. Aturan-aturan dan prosedur-prosedur menurut bidang permasalahan umumnya.
4. Aturan heuristic yang harus dikerjakan dalam suatu situasi tertentu.
5. Strategi global untuk memecahkan permasalahan.
6. Pengetahuan tentang pengetahuan (*meta knowledge*).

2.1.3 JST (Jaringan Syaraf Tiruan)

Jaringan syaraf tiruan adalah paradigma informasi yang terinspirasi oleh sistem saraf secara biologis, seperti proses informasi pada otak manusia. Elemen kunci dari paradig ini adalah struktur dari sistem pengolahan informasi yang terdiri dari sejumlah besar elemen pemrosesan yang saling berhubungan (*neuron*), bekerja serentak untuk menyelesaikan masalah tertentu (T.Sutojo, Mulyanti, & Suhartono, 2011).

Kelebihan-kelebihan yang diberikan oleh JST antara lain:

1. Belajar *Adaptive*: kemampuan untuk mempelajari bagaimana melakukan pekerjaan berdasarkan data yang diberikan untuk pelatihan atau pengalaman awal.
2. *Self-Organisation*: sebuah JST dapat membuat organisasi sendiri atau representasi dari informasi yang diterimanya selama waktu belajar.
3. *Real time operation* : perhitungan JST dapat dilakukan secara paralel sehingga perangkat keras yang dirancang dan diproduksi secara khusus dapat mengambil keuntungan dari kemampuan ini.

Selain mempunyai kelebihan-kelebihan tersebut, JST juga mempunyai kelemahan-kelemahan berikut:

1. Tidak efektif jika digunakan untuk melakukan operasi-operasi numerik dengan presisi tinggi.
2. Tidak efisien jika digunakan untuk melakukan operasi algoritma aritmatik, operasi logika, dan simbolis.

3. Untuk beroperasi JST butuh pelatihan sehingga bila jumlah datanya besar, waktu yang digunakan untuk proses pelatihan sangat lama.

2.1.4 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah metodologi sistem kontrol 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, sistem kontrol. Metodologi ini dapat diterapkan pada perangkat keras, lunak, atau kombinasi keduanya(Sutojo et al., 2011)

Secara umum, logika *fuzzy* adalah sebuah metodologi “berhitung” dengan variabel kata-kata (*linguistic variable*), sebagai pengganti berhitung dengan bilangan. Prof. Lotfi Zadeh dari Universitas California di Berkeley menemukan bahwa hukum benar atau salah dari *boolean logic* tidak memperhitungkan beragam kondisi yang nyata. Untuk menghitung gradasi yang tak terbatas jumlahnya antara benar dan salah, Zadeh mengembangkan ide penggolongan set yang dinamakan set *fuzzy*. Tidak seperti boolean logic, *fuzzy logic* memiliki banyak nilai. (Eliasta Ketaren, 2015)

2.1.5 Himpunan Fuzzy

Untuk memahami logika *fuzzy*, sebelumnya perhatikan dahulu tentang konsep himpunan *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut (T.Sutojo et al., 2011), yaitu:

- 1 Linguistik yaitu merupakan nama suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dengan menggunakan bahasa alami, misalnya DINGIN,

SEJUK, PANAS mewakili variabel temperatur. Contoh lain misalnya MUDA, PAROBAYA, TUA, mewakili variabel umur.

- 2 Numeris yaitu suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, misalnya 10, 35, 40, dan sebagainya.

Disamping itu, ada beberapa hal yang harus dipahami dalam memahami logika *fuzzy*, yaitu:

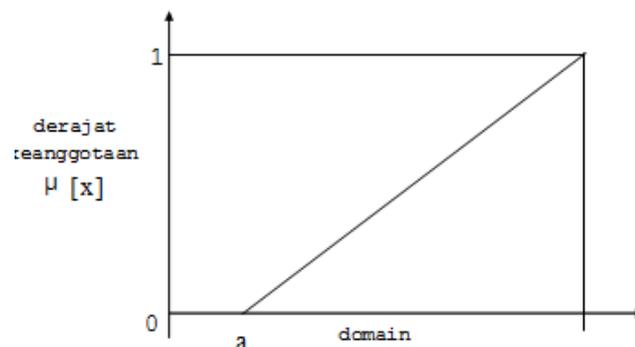
- 1 Variabel *fuzzy*, yaitu variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.
Contoh: penghasilan, temperatur, permintaan, umur, dan sebagainya.
- 2 Himpunan *fuzzy*, yaitu suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.
- 3 Semesta pembicaraan, yaitu seluruh nilai 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*.

2.1.6 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah grafik yang mewakili besar dari derajat keanggotaan masing-masing variabel input yang berada dalam interval antara 0 dan 1 (T.Sutojo et al., 2011). Derajat keanggotaan sebuah variabel x dilambangkan dengan simbol $\mu(x)$. Rule-rule menggunakan nilai keanggotaan sebagai faktor bobot untuk menentukan pengaruhnya pada saat melakukan inferensi untuk menarik kesimpulan. Ada beberapa fungsi keanggotaan yang sering digunakan, di antaranya adalah:

a. Grafik Keanggotaan Kurva Linear

Pada grafik keanggotaan linear, sebuah variabel input dipetakan ke derajat keanggotaannya dengan digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada 2 grafik keanggotaan linear. Pertama, grafik keanggotaan kurva linear naik, yaitu kenaikan himpunan *fuzzy* dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak kekanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



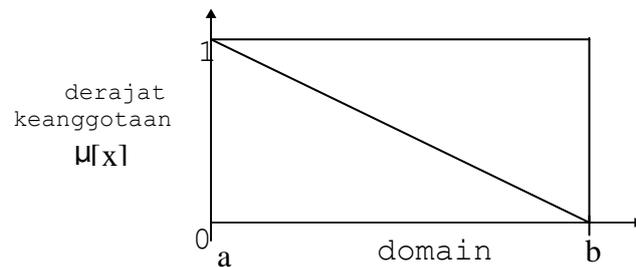
Gambar 2. 1 Grafik keanggotaan kurva linear naik
Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x - a}{(x - b)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x = b \end{cases} \quad \textbf{Rumus 2. 1} \text{ Fungsi Keanggotaan Representasi Linier Naik}$$

(Sumber: T.Sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011)

Kedua, grafik keanggotaan kurva linear turun, yaitu himpunan *fuzzy* dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



Gambar 2.2 Grafik keanggotaan kurva linear turun

Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

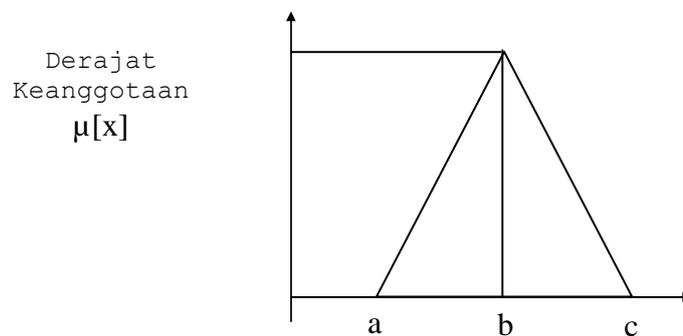
Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad \text{Rumus 2.2 Fungsi keanggotaan Representasi linier turun}$$

Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

b. Grafik Keanggotaan Kurva Segitiga

Grafik keanggotaan kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear).



Gambar 2.3 Grafik keanggotaan kurva segitiga

Sumber: T.Sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

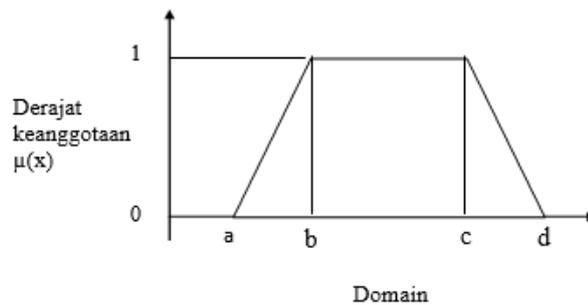
Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{(x-b)} & a \leq x \leq b \\ \frac{b-x}{(c-b)} & b \leq x \leq c \end{cases} \quad \text{Rumus 2.3 Fungsi keanggotaan kurva segitiga}$$

Sumber: T.Sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

c. Grafik Keanggotaan Kurva Trapesium

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



Gambar 2. 4 Grafik keanggotaan kurva trapesium

Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

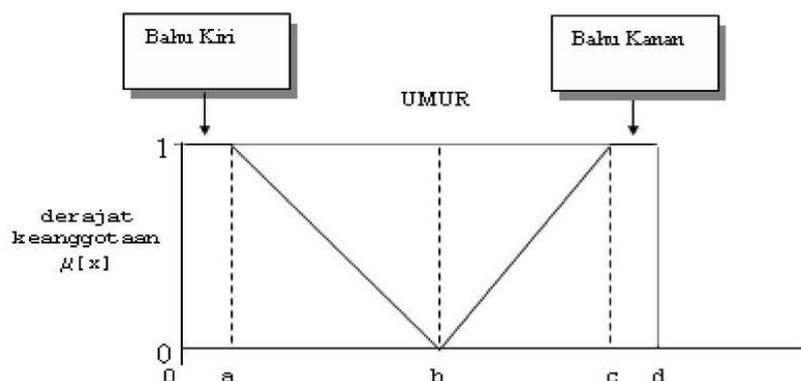
Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases} \quad \text{Rumus 2. 4 Fungsi Keanggotaan Kurva Trapesium}$$

(Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011)

d. Grafik Keanggotaan Kurva Bentuk Bahu

Grafik keanggotaan kurva “bahu” digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy* yang nilai derajat keanggotaannya adalah konstan (biasanya 1).



Gambar 2. 5 Grafik kurva bahu

Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

Fungsi keanggotaan:

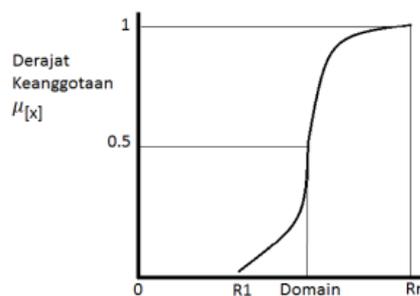
$$\mu[x] \begin{cases} 1; & 0 \leq x \leq a \text{ atau } c \leq x \leq d \\ \frac{b-x}{(b-a)}; & a \leq x \leq d \\ \frac{x-b}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad \text{Rumus 2.5 Fungsi Keanggotaan Kurva Bahu}$$

Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

e. Grafik Keanggotaan Kurva- S (*Sigmoid*)

Grafik keanggotaan kurva S memiliki bentuk seperti huruf “S” yang mempunyai ukuran yang diletakan oleh parameter a, b, c, titik b disebut titik infleksi, yaitu titik yang mempunyai derajat keanggotaan 0,5. Ada dua macam kurva-S, yaitu kurfa-S PERTUMBUHAN dan kurva-S PENYUSUTAN.

Pada kurva-S PERTUMBUHAN, kurva bergerak mulai dari kiri dengan derajat keanggotaan 1. Fungsi S akan bernilai 0 jika $x \leq a$ dan akan bernilai 1 jika $x \geq c$. Sedangkan R_1 adalah batas dominan variabel yang paling kiri dan R_2 adalah batas dominan variabel paling kanan.



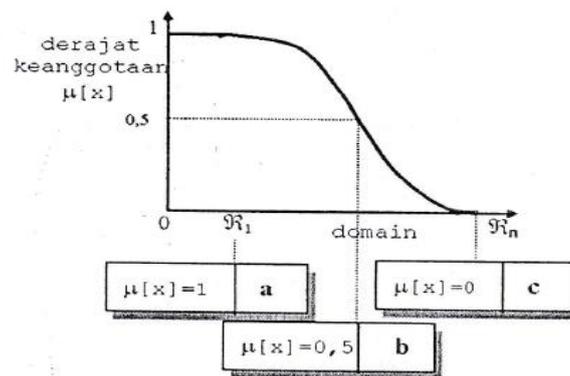
Gambar 2.6 Grafik keanggotaan kurva-S pertumbuhan
Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & \rightarrow x \leq a \\ 2 \frac{(x-a)}{(c-a)^2} & \rightarrow a \leq x \leq b \\ 1 - 2 \frac{(c-x)}{(c-a)^2} & \rightarrow b \leq x \leq c \\ 1 & \rightarrow x \geq c \end{cases} \quad \text{Rumus 2. 6 Fungsi Keanggotaan Kurva-S pertumbuhan}$$

Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

Pada kurva-PENYUSUTAN, kurva mulai bergerak dari kiri dengan derajat keanggotaan 1, menuju ke kanan dengan derajat keanggotaan 0, fungsi S akan bernilai 1 jika $x \leq a$ dan akan bernilai 0 jika $x \geq c$. Sedangkan R_1 adalah batas dominan variabel yang paling kiri dan R_2 adalah batas dominan variabel paling kanan.



Gambar 2. 7 Grafik keanggotaan kurva-S penyusutan
Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & \rightarrow x \leq a \\ 1 - 2 \frac{(x-a)}{(c-a)^2} & \rightarrow a \leq x \leq b \\ 2 \frac{(c-x)}{(c-a)^2} & \rightarrow b \leq x \leq c \\ 1 & \rightarrow x \geq c \end{cases} \quad \text{Rumus 2. 7 Fungsi Keanggotaan Kurva-S penyusutan}$$

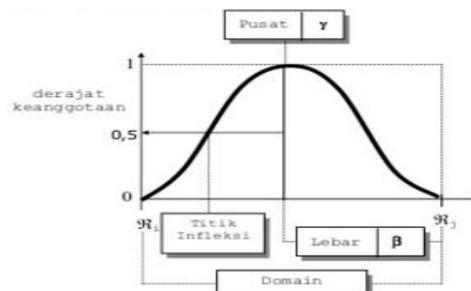
Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

f. Grafik Kurva Bentuk Lonceng (*bell curve*)

Kurva ini terbagi menjadi 3, yaitu kurva PI, kurva beta, dan kurva gauss, yaitu:

1. Kurva PI

Pada kurva PI derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dominan (c) dan mempunyai lebar kurva (b)



Gambar 2. 8 Karakteristik fungsional kurva PI

Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

Fungsi keanggotaan:

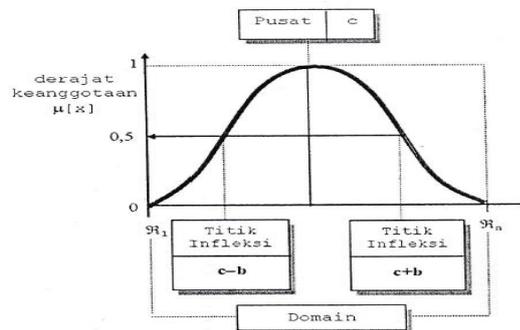
$$\Pi(x,b,c) = \begin{cases} S\left(x;c-b,c-\frac{b}{2},c\right) & \rightarrow x \leq c \\ 1-S\left(x;c,c+\frac{b}{2},c+b\right) & \rightarrow x > c \end{cases}$$

Rumus 2. 8
Fungsi
Keanggotaan
kurva PI

Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

2. Kurva BETA

Pada kurva BETA, derajat keanggotaan 1 juga terletak pada pusat domain (c), mempunyai setengah lebar kurva (b), dan titik infleksi terletak pada (c-b) dan (c+b)



Gambar 2. 9 Karakteristik fungsional kurva BETA

Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

Fungsi keanggotaan:

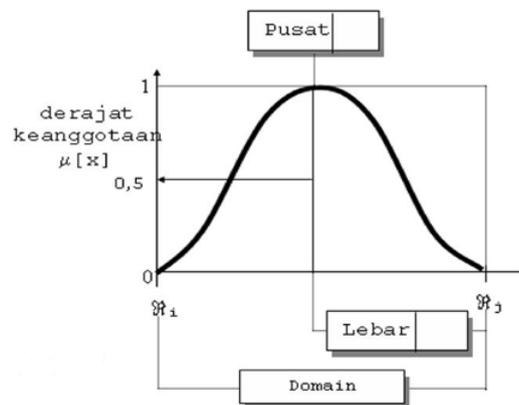
$$B(x;c,b) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-c}{b}\right)^2}$$

Rumus 2. 9 Fungsi Keanggotaan kurva BETA

Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

3. Kurva GAUSS

Kurva gauss mempunyai derajat 1 di titik pusat kurva (c) dan lebar kurva (L).



Gambar 2. 10 Karakteristik fungsional kurva GAUSS

Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

Fungsi keanggotaan:

$$G(x; L, c) = e^{-L(c-x)^2}$$

Rumus 2. 10 Fungsi Keanggotaan kurva GAUSS

Sumber: T.sutojo,Edy Mulyanto & Vincent Suhartono 2011

2.1.7 Operator Dasar untuk Operasi Himpunan *Fuzzy*

Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama *fire strength* atau α -predikat. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu:

1. Operator *AND*

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

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad \text{Rumus 2. 11 Bentuk umum Operator } AND$$

Sumber: Sri Kusumadewi & Hari Purnomo 2010

2. Operator *OR*

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

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad \text{Rumus 2. 12 Bentuk Umum Operator } OR$$

Sumber: Sri Kusumadewi & Hari Purnomo 2010

3. Operator *NOT*

Operator ini berhubungan dengan operasi komplement pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator *NOT* diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A[x]$$

Rumus 2.13 Bentuk Umum
Operator *NOT*

Sumber: Sri Kusumadewi & Hari Purnomo 2010

2.1.8 Fungsi Implikasi

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi (T.Sutojo et al., 2011).

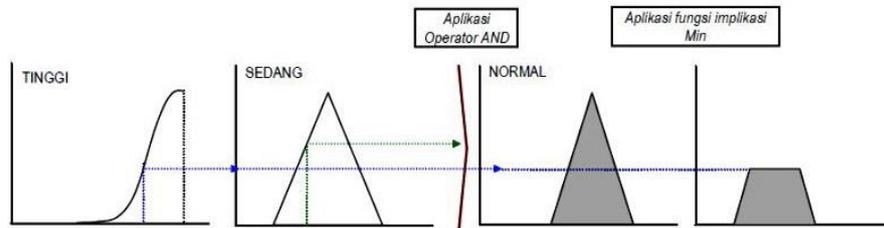
IF x is A *THEN* y is B

Dengan x dan y adalah saklar, 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) o (x₂ is A₂) o (x₃ is A₃) o ... o (x_n is A_n) *THEN* y is B

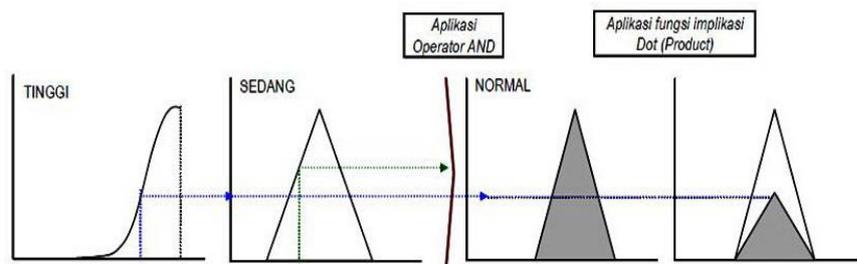
Dengan o adalah operator (misal: *OR* atau *AND*), Secara umum, ada 2 fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu:

- a. Min (*minimum*). Fungsi ini akan memotong *output* himpunan *fuzzy*. Gambar 2.11 menunjukkan salah satu contoh penggunaan fungsi min.



Gambar 2. 11 Fungsi Implikasi MIN
 Sumber: Sri Kusumadewi & Hari Purnomo 2010

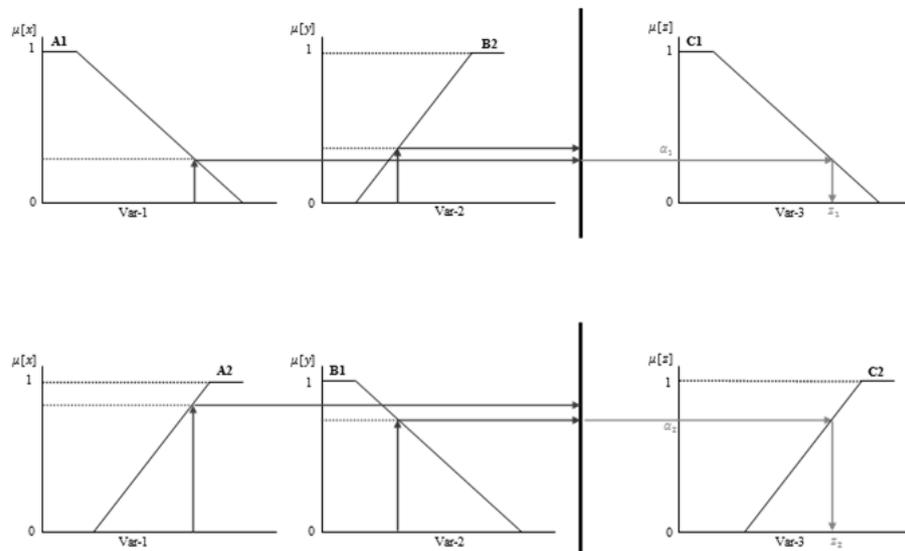
- b. Dot (*product*). Fungsi ini akan menskala *output* himpunan *fuzzy*. Gambar 2.12 menunjukkan salah satu contoh penggunaan fungsi dot.



Gambar 2. 12 Fungsi Implikasi DOT
 Sumber: Sri Kusumadewi & Hari Purnomo 2010

2.1.9 Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto

Metode Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton, pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, *output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot (T.Sutojo et al., 2011).



Gambar 2. 13 Inferensi dengan menggunakan metode Tsukamoto
 Sumber: Sri Kusumadewi & Hari Purnomo 2010

2.2 Variabel

2.2.1 Siswa

Siswa adalah seseorang yang sedang menempuh pendidikan di suatu instansi pendidikan formal maupun non formal.

2.2.2 TPA

TPA adalah tes potensi akademik yang mana tes ini ditujukan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan siswa dalam menerima pengetahuan dasar selama ini

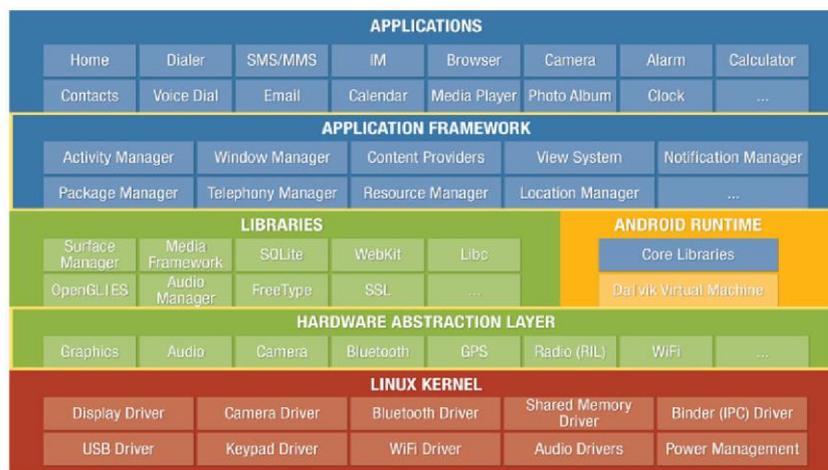
2.3 Software Pendukung

2.3.1 Android

Android adalah sebuah sistem operasi perangkat mobile berbasis linux yang mencakup sistem operasi, middleware dan aplikasi. Untuk mengembangkan Android dibentuk OHA (Open Handset Alliance) dari 34 perusahaan peranti keras, peranti lunak dan telekomunikasi, termasuk Google, HTC, Intel, Motorola, Qualcomm, T-Mobile, dan Nvidia. Pada saat perilis perdana Android, 5 November 2007, Android bersama Open Handset Alliance menyatakan mendukung pengembangan open source pada perangkat mobile(Supardi, 2015).

2.3.1.1 Arsitektur Android

Arsitektur grafis yang dimiliki oleh sistem android atau yang disebut “*Architecture of Android System*” terdiri dari (Novrianda, Kunang, & Shaksono, 2014) :



Gambar 2. 14 Arsitektur Android
Sumber: Rahmat Novrianda, 2014

a. *Applications*

Lapisan atas dari arsitektur android yang berisi aplikasi yang dikembangkan oleh pengembang android. Ada beberapa aplikasi standar yang, seperti *Browser* atau *SMS client*, namun pengguna dapat membeli dan menginstal aplikasi baru ke *Application Layer*.

b. *Application Framework*

Application Framework adalah lapisan kedua dalam arsitektur android. Aplikasi berkomunikasi langsung dengan *Application Framework*, yang cukup banyak menyediakan *tools* yang dibutuhkan untuk melakukan tujuan apa pun yang dirancang. Pengembang aplikasi langsung mengakses *Application Framework* untuk membangun fungsi dari aplikasi yang mereka buat. Selain aplikasi yang sebenarnya pada perangkat, *Application Framework* juga berkomunikasi dengan lapisan *Libraries* arsitektur android.

c. *Libraries*

Libraries asli android pada dasarnya hanya terdiri dari sejumlah fungsi yang memungkinkan perangkat untuk memproses berbagai jenis data. Beberapa *Libraries* ini khusus untuk jenis perangkat tertentu, serta dianggap *generic* untuk semua perangkat android.

d. *Android Runtime*

Android Runtime terdiri dari dua bagian besar, yaitu: *Core Libraries* dan *Dalvik Virtual Machine*. *Core Libraries* memungkinkan pengembang aplikasi android untuk membuat dan menyebarkan kode dalam bahasa pemrograman java. *Libraries Core* ini akan memiliki akses ke *Libraries* asli

android serta *Dalvik Virtual Machine*. *Dalvik Virtual Machine*, fungsi aplikasi ini seolah-olah mesin mandiri dan mengeksekusi kode yang dibuat dengan *Java Core Libraries*. Hal ini juga berfungsi sebagai perantara antara *Java Core Libraries* dan *Hardware Abstraction Layer* dari perangkat Android.

e. *Hardware Abstraction Layer*

Beberapa diagram arsitektur android memiliki *HAL* yang termasuk bagian dari *Linux Kernel*. Hal pada dasarnya menangani komunikasi antara perangkat keras yang ditampilkan pada *Linux Kernel* dan semua lapisan perangkat lunak lain.

f. *Linux Kernel*

Sistem operasi Android pada dasarnya dibangun di atas *Linux kernel 2.6* dan menyediakan driver yang dibutuhkan perangkat *Linux* untuk berkomunikasi dengan modul dari *Hardware Abstraction Layer*. *Kernel Linux* juga menangani semua fungsi sistem operasi dasar untuk perangkat android, seperti alokasi memori, komunikasi jaringan, dan keamanan aplikasi.

2.3.1.2 Struktur Aplikasi Android

Struktur aplikasi android atau fundamental aplikasi ditulis dalam bahasa pemrograman Java. Kode Java dikompilasi bersama *resource file* yang dibutuhkan oleh aplikasi. Prosesnya di-package oleh *tools* yang dinamakan “*apt tools*” ke dalam paket android, sehingga menghasilkan *file* berekstensi apk. *File* apk ini yang

disebut dengan aplikasi dan nantinya, dapat anda jalankan pada peralatan *mobile* (*device mobile*), (Supardi, 2015).

Ada empat komponen pada aplikasi android, yaitu:

1. *Activities* merupakan komponen untuk menyajikan tampilan pemakai (*interface user*) kepada pengguna.
2. *Service* merupakan komponen yang tidak memiliki tampilan pemakai (*user interface*), tetapi service berjalan secara *backgrounds*.
3. *Broadcast Receiver* merupakan komponen yang berfungsi menerima dan bereaksi untuk menyampaikan notifikasi.
4. *Content Provider* merupakan komponen yang membuat kumpulan aplikasi data secara spesifik, sehingga bisa digunakan oleh aplikasi lain.

2.3.1.3 Versi Android

Berikut ini merupakan beberapa versi android menurut (Supardi, 2015)

Tabel 2. 1 Riwayat Versi Android

No	Nomor Versi	Nama Versi	Tanggal Rilis
1	(belum memakai)	Android Beta	5 November 2007
2	1.0	Android 1.0	23 September 2008
3	1.1	Android 1.1	9 Februari 2009
4	1.5	Cupcake	27 April 2009
5	1.6	Donut	15 September 2009
6	2.0	Éclair	26 Oktober 2009
7	2.0.1	Éclair	3 Desember 2009

Lanjutan dari Tabel 2.1 Riwayat Versi Android

8	2.1	Eclair	12 Januari 2010
9	2.2	Froyo	20 Mei 2010
10	2.2.1	Froyo	18 Januari 2011
11	2.2.2	Froyo	22 Januari 2011
12	2.2.3	Froyo	21 November 2011
13	2.3	GingerBread	6 Desember 2010
14	2.3.3	GingerBread	9 Februari 2011
15	2.3.3	GingerBread	28 April 2011
16	2.3.5	GingerBread	25 Juli 2011
17	2.3.6	GingerBread	2 September 2011
18	2.3.7	GingerBread	21 September 2011
19	3.0	Honeycomb	22 Februari 2011
20	3.1	Honeycomb	10 Mei 2011
21	3.2	Honeycomb	15 Juli 2011
22	3.2.1	Honeycomb	20 September 2011
23	3.2.2	Honeycomb	30 Agustus 2011
24	3.2.4	Honeycomb	Desember 2011
25	3.2.6	Honeycomb	Februari 2012
26	4.0.1	ICS (Ice Cream Sandwich)	8 Oktober 2011
27	4.0.2	ICS	28 November 2011
28	4.0.3	ICS	16 Desember 2011

Lanjutan dari Tabel 2.1 Riwayat Versi Android

29	4.0.4	ICS	29 Maret 2012
30	4.1	Jelly Bean	9 Juli 2012
31	4.4	KitKat	31 Oktober 2013
32	5.0	Lolipop	12 November 2014
33	5.1	Lolipop	25 Juni 2014
34	6.0	MarshMallow	5 Oktober 2015
35	7.0	Nougat	22 Agustus 2016

Sumber: Ir. Yuniar Supardi, 2015

2.3.1.4 Android Studio

Android Studio adalah *Integrated Development Environment* resmi untuk pengembangan aplikasi Android yang bersifat *open source*. Peluncuran Android Studio ini diumumkan oleh Google pada 16 Mei 2013 pada *event* Google I/O *Conference* untuk tahun 2013. Sejak saat itu, Android Studio menggantikan Eclipse sebagai *IDE* resmi untuk mengembangkan aplikasi Android. Android studio sendiri dikembangkan berdasarkan IntelliJ IDEA yang mirip dengan *Eclipse* disertai dengan ADT *plugin* (*Android Development Tools*) (Juansyah, 2015).

Android studio memiliki fitur :

- a. Projek berbasis pada *Gradle Build*
- b. *Refactory* dan pembenahan *bug* yang cepat
- c. *Tools* baru yang bernama “Lint” diklaim dapat memonitor kecepatan, kegunaan, serta kompetibilitas aplikasi dengan cepat.

- d. Mendukung *Proguard And App-signing* untuk keamanan.
- e. Memiliki GUI aplikasi android lebih mudah
- f. Didukung oleh Google *Cloud Platfrom* untuk setiap aplikasi yang dikembangkan.

2.3.2 Android Software Development Kit (SDK)

Android SDK merupakan *tools* bagi para pengembang yang ingin mengembangkan aplikasi berbasis Android menggunakan bahasa pemrograman Java. *Android SDK* mencakup seperangkat alat pengembangan yang komprehensif yang terdiri dari *debugger*, *libraries*, *handset emulator*, dokumentasi, contoh kode, dan *tutorial* (Damarullah, Hamzah, & Lestari, 2013).

2.3.3 Java Development Kit (JDK)

(Juansyah, 2015) JDK adalah sekumpulan perangkat lunak yang dapat kamu gunakan untuk mengembangkan perangkat lunak yang berbasis Java, sedangkan JRE adalah sebuah implementasi dari Java Virtual Machine yang benar-benar digunakan untuk menjalankan program java.

2.3.4 Matlab

MATLAB (Matrix Laboratory) adalah suatu program untuk analisis dan komputasi numerik dan merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks (Cahyono, 2013).

2.4 Penelitian Terdahulu

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

1. **Sitohang, Sunarsan. *Prediction of the number of airport passengers using fuzzy C-means and adaptive neuro fuzzy inference system. International Review of Automatic Control (I.RE.A.CO.), Mei 2017, Vol. 10, N. 3, ISSN 1974-6059.*** Hasil dari penelitian ini adalah Bandara membutuhkan sebuah sistem untuk memprediksi jumlah penumpang sebagai acuan perencanaan pembangunan bandara. Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah jumlah penumpang selama sebelas tahun. Data ini akan membentuk pola yang mengindikasikan jumlah penumpang setiap bulan dalam setahun sebagai input data dan jumlah penumpang tahun depan sebagai target prediksi.
2. **Suharjito, *Mobile Expert System Using Fuzzy Tsukamoto for Diagnosing Cattle Disease, Procedia Computer Science, December 2017, Volume 116, ISSN: 1877-0509.*** Kesimpulan dari penelitian ini adalah Sistem Pakar dengan Fuzzy Tsukamoto untuk penyakit endometris pada sapi di rancang dengan 6 inputan dan 2 output. Rancangan dari sistem pakar telah diuji coba oleh para pakar. Dari 12 sample ternak, didapatkan bahwa diagnosa ternak endometris yang dilakukan sistem sebaik yang dilakukan oleh pakar/ahli dengan keakuratan 100%. Selain itu diamati bahwa deteksi dan pengobatan endometris ternak menggunakan aplikasi mobile lebih efisien, nyaman dan

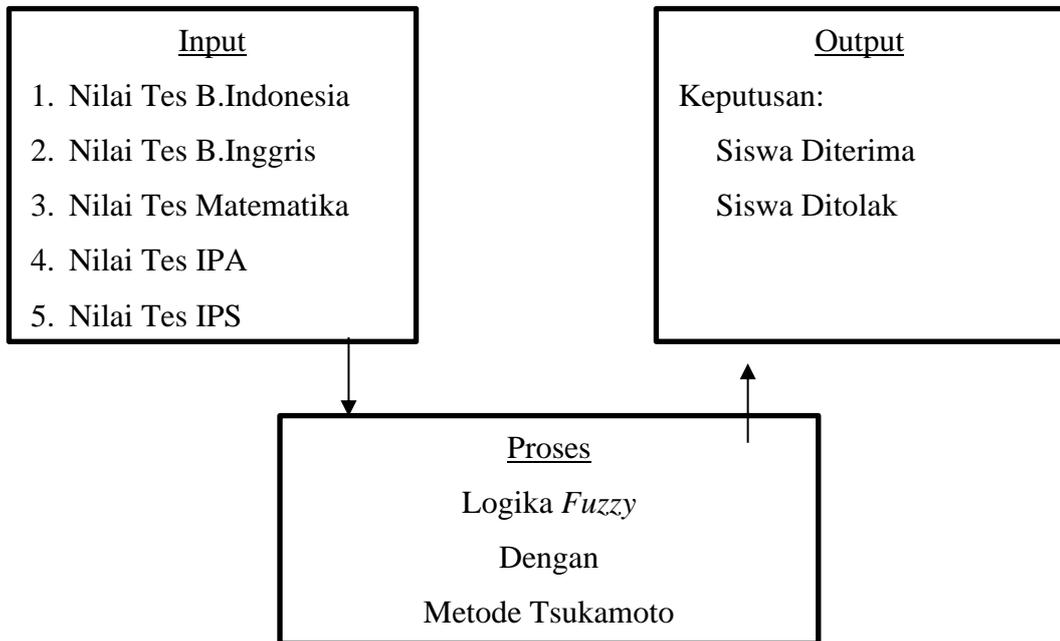
praktis dibandingkan dengan menggunakan aplikasi desktop.

- 3. Fadil Indra Sanjaya. Dadang Heksaputra. Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Tenaga Kontrak Melalui Pendekatan *Fuzzy inference System* dengan Metode Tsukamoto. Jurnal Yokyakata, Agustus 2016, Vol 2 No.3, ISSN: 1907-5022.** Sumber daya manusia merupakan aset yang sangat penting dalam sebuah perusahaan. Untuk meningkatkan kualitas dan daya guna perusahaan maka diperlukan sumber daya manusia yang tepat dan berkualitas. Sumber daya manusia dituntut untuk dapat memberikan kontribusi yang terbaik bagi proses bisnis perusahaan. Sebagai gantinya perusahaan perlu mencari dan memutuskan karyawan yang kompeten untuk dipilih.
- 4. A. Eliasta Ketaren. Pemanfaatan Fuzzy Logic dalam Penerimaan Pegawai Baru, Jurnal TIMES, April 2015, Vol 4 No. 2, ISSN: 2337-3601.** Untuk meningkatkan kinerja perusahaan, pegawai merupakan salah satu unsur penting dalam hal tersebut terutama dalam penerimaan pegawai baru. Prosedur penerimaan pegawai baru tersebut dalam hal ini dilakukan dengan Fuzzy Logic, apakah calon pegawai tersebut layak diterima atau tidak, beserta penempatannya apabila diterima sehingga semua menjadi jelas. Parameter input yaitu Indeks Prestasi (GPA) dan Nilai Wawancara.(Eliasta Ketaren, 2015)

5. **A. Maulidinnawati Abdul Kadir Parewe, Wayan Firdaus Mahmudy. Seleksi Calon Karyawan Menggunakan Menggunakan Metode *Fuzzy Tsukamoto*. Seminar nasional teknologi dan komunikasi, Maret 2016, Vol 9 No.1, ISSN: 2089-9815.** Metode *Fuzzy Tsukamoto* dapat diterapkan dalam penyeleksian calon karyawan. Metode ini merupakan suatu metode pengambilan keputusan yang melibatkan nilai privasi atau nilai preferensi dari calon karyawan tersebut dengan cara menginput berapa data dari kriteria-kriteria yang telah ditentukan oleh suatu perusahaan tertentu dan akan diperoleh nilai presentasi pada setiap pemilihan dan pemilihan yang terbaik merupakan nilai prioritas yang memiliki presentase yang besar. Aplikasi sistem ini dibuat sebagai alat bantu pengambilan keputusan untuk menentukan calon karyawan terbaik berdasarkan nilai variabel-variabel yang sudah ditetapkan oleh manajemen perusahaan.

2.5 Kerangka Pemikiran

Kerangka Pemikiran adalah suatu diagram yang menjelaskan secara garis besar alur logika pemikiran dibuat berdasarkan pernyataan penelitian (*research question*). 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 Gambar Kerangka Pemikiran
Sumber: Data Peneliti, (2018)