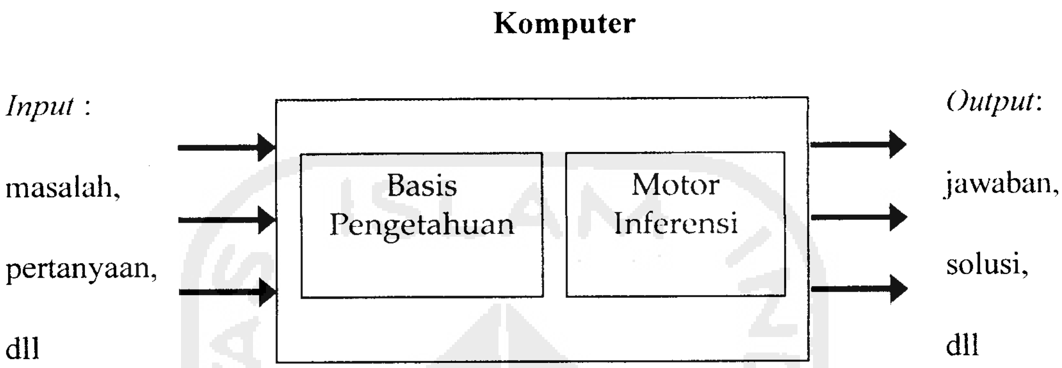
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kecerdasan Buatan

Manusia mempunyai kemampuan *intelligence* atau intelegensia untuk memperoleh pengetahuan dan pengalaman untuk bisa menjadi pandai, namun dalam menyelesaikan suatu permasalahan bekal pengetahuan dan pengetahuan tidak cukup. Untuk itu manusia juga diberi akal untuk melakukan penalaran sehingga bisa mengambil kesimpulan berdasakan pengetahuan dan kemampuan. Kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* adalah salah satu bidang dalam ilmu komputer yang membuat agar mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia. [KUS02]. Tujuan utama dari *artificial inntelligence* adalah untuk membuat komputer menjadi lebih pintar dengan perangkat lunak yang digunakan, dimana diharapkan dapat menyerupai fungsi dari pikiran manusia dalam bagian tertentu sehingga diharapkan komputer dapat membantu dalam memecahkan berbagai masalah yang rumit.

Bagian utama aplikasi *artificial intelligence* adalah basis pengetahuan (*knowledge base*) dan motor inferensi atau bagian pengambilan kesimpulan *(inference engine)*. Basis pengetahuan berisi tentang fakta-fakta, teori, pemikiran dan hubungan antara satu dengan lainnya. Pengambilan kesimpulan merupakan sekumpulan prosedur yang digunakan untuk memanfaatkan basis pengetahuan yang ada guna menjawab suatu pertanyaan atau sebagai sarana pengambilan keputusan dari suatu permasalahan yang ada.



Gambar 2.1 Penerapan Konsep Kecerdasan Buatan di Komputer [KUS03]

2.2 Logika Fuzzy

2.2.1 Pengertian Fuzzy

Fuzzy merupakan kata sifat yang berarti kabur, samar, tidak jelas. Logika *fuzzy* atau yang sering disebut dengan logika kabur merupakan turunan dari *artificial inteligence*, yang secara fungsi merupakan unit pemrosesan dengan faktor kepastian dan ketidakpastian. Secara umum logika *fuzzy* dapat menangani faktor ketidakpastian secara baik sehingga dapat diimplikasikan pada proses pengambilan keputusan. Logika *fuzzy* berhubungan dengan deskripsi karakteristik dari suatu obyek yang digunakan, kebanyakan dari deskripsi obyek tersebut berasal dari fakta-fakta yang telah ada.

Logika *fuzzy* atau sistem *fuzzy* merupakan suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* kedalam suatu ruang *output* [KUS03].

Alasan – alasan digunakannya logika *fuzzy*, antara lain:

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti, karena di dalam logika *fuzzy* terdapat konsep matematis sederhana dan mudah dimengerti yang mendasari penalaran *fuzzy*.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data – data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi – fungsi nonlinier yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik – teknik kendali secara konvensional.
6. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.
7. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman – pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.

Ada beberapa hal yang menjadi lingkup dari sistem *fuzzy* [KDH03], yaitu :

1. Variabel *fuzzy*

   Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.

2. Himpunan *fuzzy*

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

Contoh :

- Variabel jarak, terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu : DEKAT, SEDANG, dan JAUH.

3. Semesta Pembicaraan

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

Contoh :

- Semesta pembicaraan untuk variabel umur :$[0 + \infty)$

4. Domain

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

Contoh :

- MUDA = [0, 45]
- PAROBAYA = [35, 55]
- TUA = [45, +∞)

2.2.2 Himpunan Fuzzy

Himpunan tegas (CRISP) A didefinisikan oleh item-item yang ada pada himpunan itu. Jika a € A, maka nilai yang berhubungan dengan A adalah 1. Namun jika a bukan anggota A ,maka nilai yang berhubungan dengan a adalah 0. notasi A = {x|P(x)} menunjukkan bahwa A berisi item x dengan P(x) benar. Jika X_A merupakan fungsi karakteristik A dan properti P, maka dapat dikatakan bahwa P(x) benar, jika dan hanya jika $X_A(x)=1$.

Himpunan fuzzy didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval [0,1]. Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item dalam semesta pembicaraan tidak hanya bernilai 0 atau 1, namun juga nilai yang terletak diantaranya. Dengan kata lain, nilai kebenaran suatu item tidak hanya benar (1) atau salah (0) melainkan masih ada nilai-nilai yang terletak diantara benar dan salah. [KUS02].

Kalau pada himpunan crisp, nilai keanggotaan hanya ada 2 kemungkinan, yaitu 0 atau 1, pada himpunan fuzzy nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila x memiliki nilai keanggotaan fuzzy $\mu_A[x]=0$ berarti x tidak menjadi anggota himpunan A, demikian pula apabila x memiliki nilai keanggotaan fuzzy $\mu_A[x]=1$ berarti x menjadi anggota penuh pada himpunan A. [KUS02]

Terkadang kemiripan antara keanggotaan fuzzy dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval [0,1], namun interpretasi nilainya bisa sangat berbeda. Keanggotaan fuzzy memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang. Misalnya, jika nilai keanggotaan suatu himpunan fuzzy TUA adalah 0,7 maka tidak perlu dipermasalahkan berapa seringnya nilai itu diulang untuk mengharapkan suatu hasil yang hampir pasti tua. Di lain pihak, nilai probabilitas 0,7 tua berarti 10% dari himpunan tersebut diharapkan tidak tua . [KUS02]

Dengan menggunakan teori himpunan fuzzy, logika bahasa dapat diwakili oleh sebuah daerah yang mempunyai jangkauan tertentu yang menunjukkan derajat keanggotaannya.

Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu :

a. *Linguistik*, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : MUDA, PAROBAYA, TUA.

b. *Numeris*, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti : 40, 25, 50, dan sebagainya.

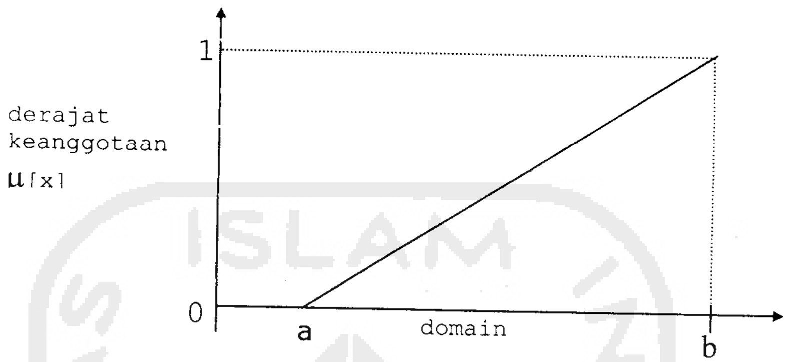
2.2.3 Fungsi Keanggotaan

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 dan 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi [KUS03]. Ada beberapa representasi fungsi yang dapat digunakan, yaitu:

2.2.3.1 Representasi Linier

Pada representasi linear, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan menjadi suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas.

Ada 2 keadaan himpunan fuzzy linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memilliki derajat keanggotaan [1] sepeti yang terlihat pada Gambar 2.2

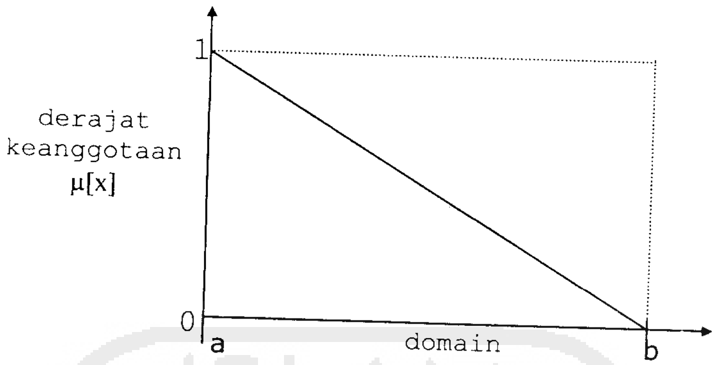


Gambar 2.2 Representasi Linier Naik

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x]=\begin{cases} 0; & \rightarrow \quad x \le a \\ \dfrac{x-a}{b-a}; & \rightarrow \quad a \le x \le b \\ 1; & \rightarrow \quad x \ge b \end{cases} \tag{2.2}$$

Kedua, merupakan kebalikan yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah seperti terlihat pada Gambar 2.3



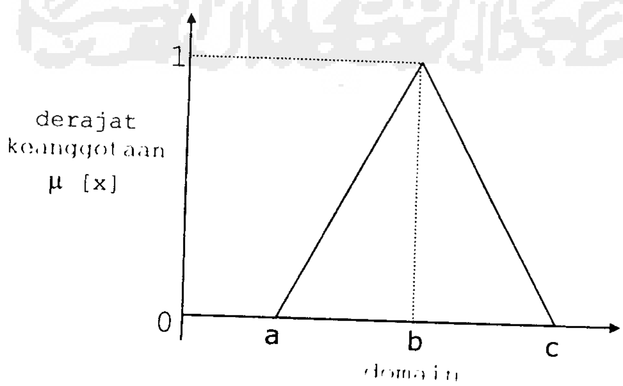
Gambar 2.3 Representasi Linear Turun

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} (b-x)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \qquad (2.3)$$

2.2.3.2 Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier) seperti terlihat pada gambar 2.4



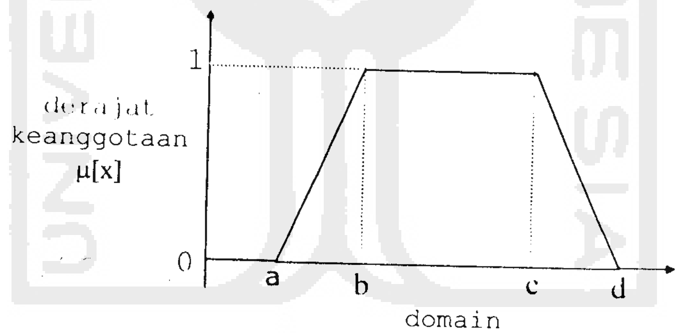
Gambar 2.4 Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu(x;a,b,c)=\begin{cases}0; & x\leq a \text{ atau } x\geq c\\ (x-a)/(b-a); & a\leq x\leq b\\ (c-x)/(c-b); & b\leq x\leq c\end{cases} \tag{2.4}$$

2.2.3.3 Representasi Kurva Trapesium

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



Gambar 2.5 Kurva Trapesium

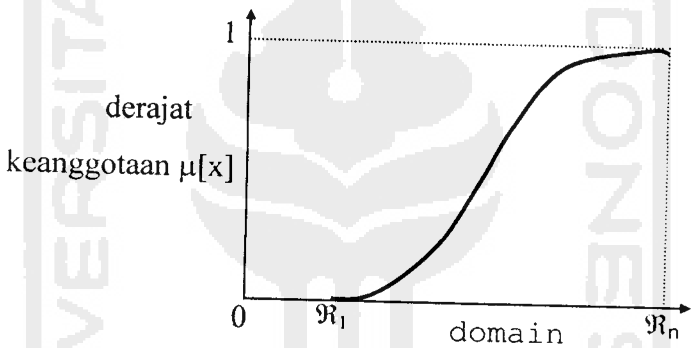
Fungsi Keanggotaan dinyatakan dengan :

$$\mu[x]=\begin{cases}0; & x\leq a \text{ atau } x\geq d\\ (x-a)/(b-a); & a\leq x\leq b\\ 1; & b\leq x\leq c\\ (d-x)/(d-c); & x\geq d\end{cases} \tag{2.5}$$

2.2.3.4 Representasi Kurva S

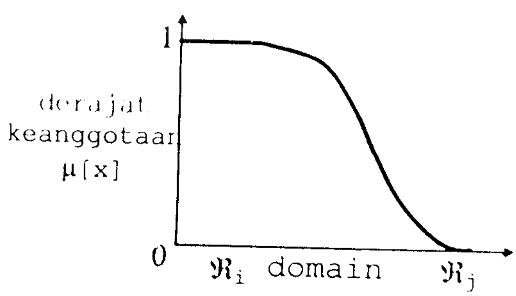
Kurva Pertumbuhan dan Penyusutan merupakan kurva-S atau *sigmoid* yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linier.

Kurva-S untuk Pertumbuhan akan bergerak dari sisi paling kiri (nilai keanggotaan=0) ke sisi paling kanan (nilai keanggotaan =1). Fungsi keanggotaannya akan tertumpu pada 50 % nilai keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi, seperti terlihat pada gambar 2.6



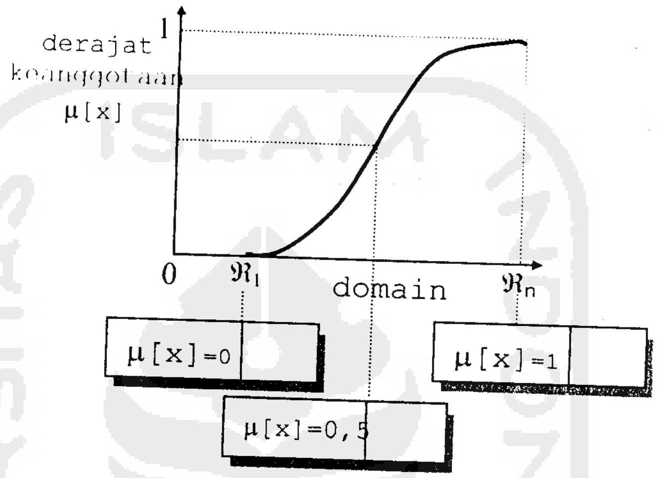
Gambar 2.6 Kurva S- Pertumbuhan

Kurva_S untuk PENYUSUTAN akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan=1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan=0) seperti terlihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Kurva S-Penyusutan

Kurva-S didefinisikan dengan menggunakan 3 parameter, yaitu : nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan lengkap (γ), dan titik infleksi atau crossover (β) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar. Gambar 2.8 menunjukkan karakteristik kurva s dalam bentuk skema.



Gambar 2.8 Karakteristik Fungsi Kurva-S

Fungsi keangotaan pada kurva PERTUMBUHAN adalah:

$$S(x;\alpha,\beta,\gamma)=\begin{cases} 0 & \rightarrow \quad x\leq\alpha \\ 2((x-\alpha)/(\gamma-\alpha))^2 & \rightarrow \alpha\leq x\leq\beta \\ 1-2((\gamma-x)/(\gamma-\alpha))^2 & \rightarrow \beta\leq x\leq\gamma \\ 1 & \rightarrow \quad x\geq\gamma \end{cases} \tag{2.6}$$

Sedangkan fungsi keanggotaan pada kurva PENYUSUTAN adalah:

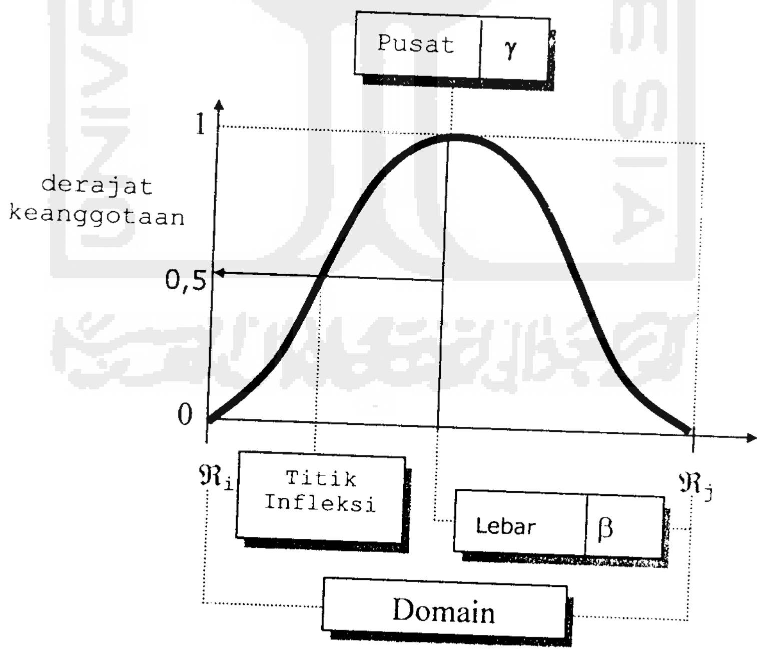
$$S(x;\alpha,\beta,\gamma)=\begin{cases} 1 & \rightarrow \quad x\leq\alpha \\ 1-2((x-\alpha)/(\gamma-\alpha))^2 & \rightarrow \alpha\leq x\leq\beta \\ 2((\gamma-x)/(\gamma-\alpha))^2 & \rightarrow \beta\leq x\leq\gamma \\ 0 & \rightarrow \quad x\geq\gamma \end{cases} \tag{2.7}$$

2.2.3.5 Representasi Kurva Bentuk Lonceng (Bell Curve)

Untuk merepresentasikan bilangan fuzzy, biasanya digunakan kurva berbentuk lonceng. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu : himpunan kurva Phi, Beta, dan Gauss. Perbedaan ketiga kurva ini terletak pada gradiennya.

2.2.3.5.1 Kurva Phi

Kurva Phi berbetuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain (γ), dan lebar kurva (β) seperti terlihat pada gambar 2.9. Nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan sebagai :



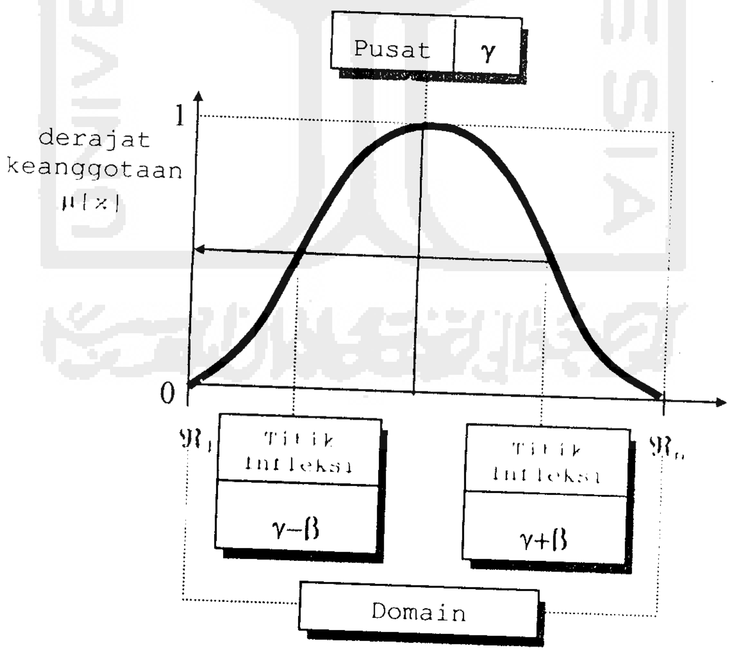
Gambar 2.9 Karakteristik fungsional kurva Phi

Fungsi Keanggotaan:

$$\Pi(x,\beta,\gamma)=\begin{cases} S\left(x;\gamma-\beta,\gamma-\dfrac{\beta}{2},\gamma\right) & \rightarrow \quad x\le\gamma \\ 1-S\left(x;\gamma,\gamma+\dfrac{\beta}{2},\gamma+\beta\right) & \rightarrow \quad x>\gamma \end{cases} \tag{2.9}$$

2.2.3.5.2 Kurva Beta

Seperti halnya kurva Phi, kurva Beta juga berbentuk lonceng namun lebih rapat. Kurva ini juga didefinisikan dengan 2 parameter, yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva (γ), dan setengah lebar kurva (β) seperti terlihat pada gambar 2.10 nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan sebagai :



Gambar 2.10 Karakteristik fungsional kurva Beta

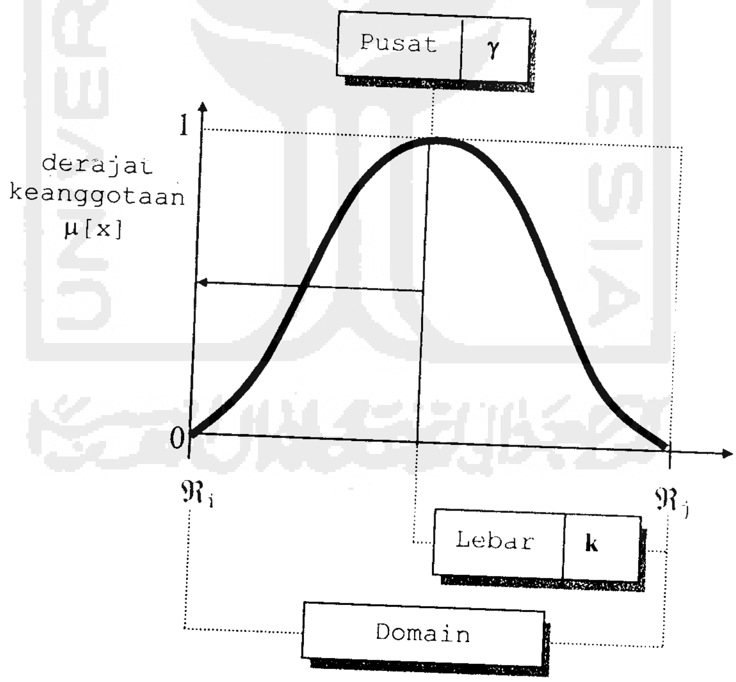
Fungsi Keanggotaan:

$$B(x;\gamma,\beta) = \frac{1}{1+\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^2} \tag{2.10}$$

Salah satu perbedaan mencolok kurva Beta dari kurva Phi adalah, fungsi keanggotaannya akan mendekati nol hanya jika nilai (β) sangat besar.

2.2.3.5.3 Kurva Gauss

Jika kurva Phi dan kurva Beta menggunakan 2 parameter yaitu (β) dan (γ), kurva Gauss juga menggunakan (γ) untuk menunjukkan nilai domain pada pusat kurva, dan (k) yang menunjukkan lebar kurva (gambar 2.11).



Gambar 2.11 Karakteristik fungsional kurva Gauss

Fungsi Keanggotaan:

$$G(x;k,\gamma) = e^{-k(\gamma-x)^2} \tag{2.11}$$

2.2.4 Operator Dasar Zadeh untuk Operasi Himpunan Fuzzy

Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasikan dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama *fire strengh* atau α-predikat. [KUS03).

Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh yaitu :

2.2.4.1 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. Operator AND dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{A\cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \tag{2.12}$$

2.2.4.2 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. Operator OR dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y]) \tag{2.13}$$

2.2.4.3 Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan α-predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1. Operator NOT dirumuskan sebagai:

$$\mu_A' = 1 - \mu_A[x] \tag{2.14}$$

2.2.5 Transformasi Aritmatika

Ada beberapa operator yang termasuk dalam transformasi aritmatika yaitu: [KDH 03]

2.2.5.1 Operator MEAN AND

Operator MEAN AND dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{A \cap B} = (\mu_A[x] + \mu_B[y])/2 \tag{2.15}$$

2.2.5.2 Operator MEAN OR

Operator MEAN OR dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{A \cup B} = [2*\min(\mu_A[x], \mu_B[y]) + 4*\max(\mu_A[x], \mu_B[y])]/6 \tag{2.16}$$

2.2.5.3 Operator PRODUCT AND

Operator PRODUCT AND dirumuskan sebagai berikut:

$$A \cap B = \mu_A[x] * \mu_B[y] \qquad (2.17)$$

2.2.5.4 Operator PRODUCT OR

Operator PRODUCT OR dirumuskan sebagai berikut:

$$A \cup B = (\mu_A[x] + \mu_B[y]) - (\mu_A[x] * \mu_B[y]) \qquad (2.18)$$

2.2.6 Fungsi Implikasi

Tiap-tiap aturan proposisi pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah :

IF x is A THEN y is B

Dengan x dan y adalah skalar, A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti then disebut 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 :

1. Min (*minimum*). Fungsi ini akan mendorong *ouput* himpunan *fuzzy*.

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

2.2.7 Sistem Inferensi Fuzzy

Fuzzy Inference System (Sistem Inferensi Fuzzy) adalah suatu proses perumusan pemetaan ruang *input* ke dalam ruang *output* menggunakan logika *fuzzy*. Pemetaan menyediakan suatu basis keputusan dari suatu basis pengetahuan dengan nilai/pola ruang yang jelas. Proses *fuzzy inference system* melibatkan fungsi keanggotaan, operator logika *fuzzy*, dan aturan (`if-then`).

Fuzzy Inference System telah sukses diterapkan di berbagai bidang seperti kendali otomatis, penggolongan data, analisis keputusan, *expert system* dan sebagainya. Yang akhirnya membuatnya berkembang melahirkan istilah-istilah baru untuk logika *fuzzy*, diantaranya seperti *fuzzy rule based*, *fuzzy modeling*, *fuzzy logic controllers* dan *simply and ambiguously fuzzy systems*.

Ada 3 jenis metode *fuzzy inference system* yang diterapkan, yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani dan metode Sugeno. Dalam penelitian ini meletakkan pembicaraan pada metode Mamdani.

2.2.7.1 Metode Mamdani

Metode Mamdani sering dikenal sebagai metode Max-Min diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *ouput* diperlukan 4 tahapan [KDH03] :

2.2.7.1.1 Pembentukan Himpunan Fuzzy

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

2.2.7.1.2 Aplikasi Fungsi Implikasi (Aturan)

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Minimum.

2.2.7.1.3 Komposisi Aturan

Ada 3 metode yang digunakan dalam inferensi sistem fuzzy, yaitu :

1. Metode Max (Maksimum)

   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).

   Secara umum dapat dituliskan :

   $\mu_{sf}[x_i] = \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[y_i])$ (2.19)

   dengan :

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

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

2. Metode Additive (Sum)

   Pada metode himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan bounded sum terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

Secara umum dapat dituliskan :

$\mu_{sf}[x_i] = \min(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[y_i])$ (2.20)

dengan :

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

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

3. Metode Probabilistik OR (Probor)

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

Secara umum dapat dituliskan :

$\mu_{sf}[x_i] = (\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[y_i]) - (\mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[y_i])$ (2.21)

dengan :

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

$\mu_{kf}[y_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i

2.2.7.1.4 Penegasan Defuzzy

Input dari proses *defuzzy* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan ouput yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut.

Ada beberapa metode *defuzzy* pada komposisi aturan Mamdani, antara lain:

a. Metode *Centroid*

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

$$z^* = \frac{\int_z z\mu(z)dz}{\int_z \mu(z)dz} \text{ (untuk variabel kontinu)} \quad (2.22)$$

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} zj\mu(zj)}{\sum_{j=1}^{n} \mu(zj)} \text{ (untuk variabel diskret)} \quad (2.23)$$

b. Metode Bisektor

Pada metode ini solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy. Secara umum dituliskan :

Zp sedemikian hingga $\int_{\Re 1}^{p} \mu(z)dz = \int_{p}^{\Re n} \mu(z)dz$ (2.24)

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 kenaggotaan maksimum.

Dalam penelitian ini penegasan *defuzzy* nya dibatasi dengan menggunakan metode *Centroid.*

2.3 Integrasi Numerik

Integral mempunyai banyak terapan dalam bidang sains dan rekayasa. Dalam praktek rekayasa, seringkali fungsi yang diintegrasikan adalah fungsi empirik yang diberikan dalam bentuk tabel, atau integrand-nya tidak dalam bentuk fungsi elementer (seperti sin x, fungsi gamma dsb), atau fungsi eksplisit f yang terlalu rumit untuk dintegralkan. Oleh sebab itu, metode numerik dapat digunakan untuk menghampiri integrasi [MUN03].

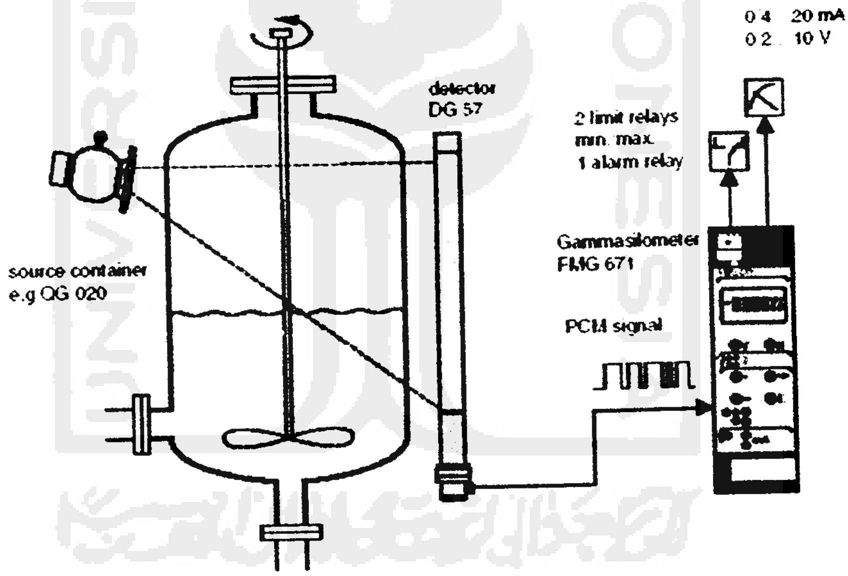
Integrasi numerik seperti halnya diferensiasi numerik, merupakan suatu proses mencari nilai integral suatu fungsi yang dibatasi titik variabel tertentu dengan menggunakan sederetan nilai numerik yang diketahui.

Keuntungan penyelesaian persoalan integrasi numerik, yaitu penyelesaiannya yang cukup mudah untuk persoalan integarasi numerik yang cukup kompleks.

2.4 Prinsip Kerja Level Gauge

Isotop radioaktif dapat digunakan sebagai sumber radiasi untuk pengukuran ketinggian, densitas dan komponisasi bahan. Sumber radiasi yang biasa dipakai adalah beta, alfa, gamma, dan neutron. Untuk mendeteksi radiasi tersebut, diperlukan detektor yang terletak di seberang sumber radiasi.

Sinar gamma dari sumber radioaktif Cs-137 memaparkan radiasi ke segala arah. Untuk pengukuran dengan radiasi, hanya radiasi yang terpancar pada obyek pengukuran yang diperlukan. Pancaran radiasi yang tidak diperlukan harus ditahan oleh penghalang radiasi. Oleh karena itu umber radioaktif ini diletakkan pada kontainer khusus, sehingga hanya memancarkan sinar sempit ke arah obyek pengukuran. Unit CCR menggunakan kontainer Endress+Hausser.



Gambar 2.12 Prinsip Kerja Level Gauge [SAV06]

Ketika sinar gamma menembus sistem material pada vessel-vessel di unit CCR, maka sinar gamma yang keluar menjadi lemah. Derajat pelemahan sinar gamma ditentukan oleh densitas, koefisien penyerapan dan ketebalan suatu material/ bahan. Untuk level pengukuran, koefisien penyerapan dan densitas bersifat konstan sehingga pulsa atau cacah yang terdeteksi akibat radiasi hanya ditentukan oleh luasan dari detektor yang menerima pancaran radiasi tersebut. Detektor yang digunakan pada unit CCR ini adalah detektor sintilasi DG 57 yang berbentuk batang silinder.

Cacah yang diterima oleh detektor mempunyai dua keadaan, yaitu:

1. Cacah maximum, yaitu saat radiasi yang diterima detektor tidak terhalang (tank kosong).
2. Cacah minimum, yaitu saat cacah yang dihasilkan berada saat transmitter dikalibrasi, dan saat tank penuh.

Prinsip kerja pengukur transmisi adalah:

$$I(x) = Io.B\ e^{-\mu x/\rho} \tag{2.25}$$

Dimana:

I(X) = Intensitas transmisi radiasi yang menembus bahan

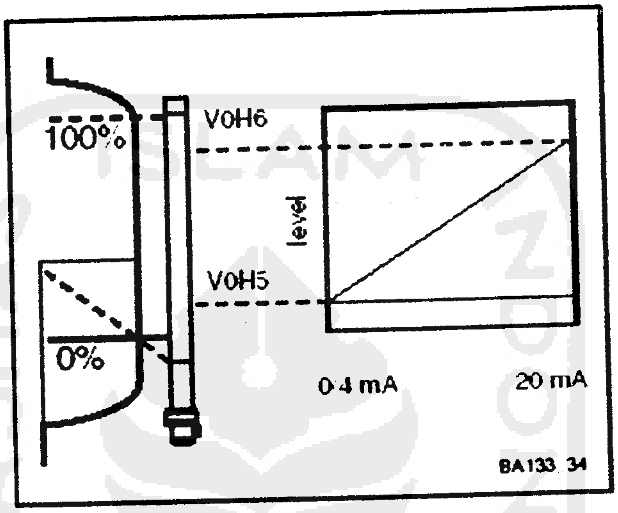
10 = Intensitas cumber

B = Faktor penumpuk-an (build up factor)

plp = Koefisien absorbsi bahan

x = Ketebalan bahan

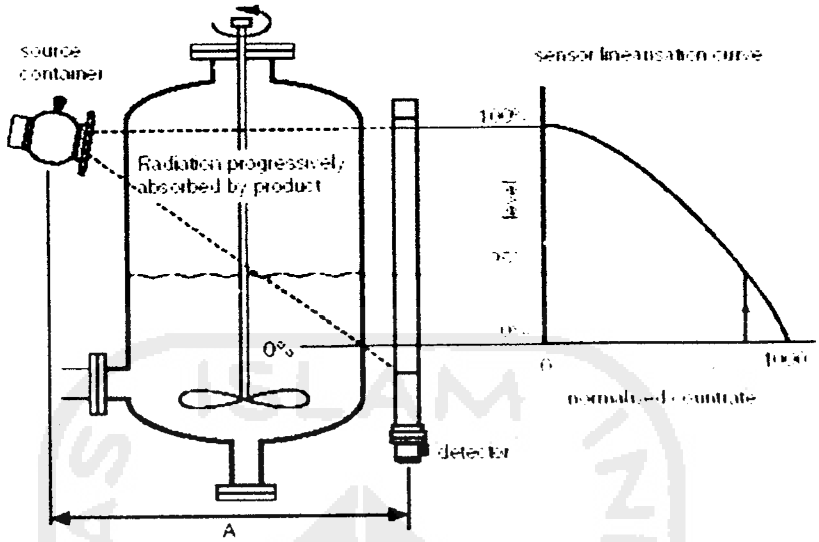
Cacah yang diterima detektor DG 57 tersebut kemudian di teruskan ke transmitter Garnmasilometer FMG 671. Transmitter Gammasilometer FMG 671 akan mendeteksi perbedaan level yang ditunjukkan oleh berubahnya cacah, yaitu cacah sebelum dan sesudah katalis memasuki suatu vessel. Perbedaan tersebut diolah menjadi sinyal standar dengan harga 4mA sampai dengan 20mA. Sinyal standar tersebut kemudian diolah oleh. *Catalyst Regeneration Control System (CRCS).*



Gambar 2.13 Konversi level (%) ke arus (mA) pada pengukuran level [SAV06]

Pada Gammasilometer berlaku konversi level (1/6) ke arcs (mA) pada pengukuran level, sebagai berikut:

1. Untuk level 0,0 % dikonversikan pada harga 4 mA (biasanya ditunjukkan pada detektor dengan harga cacah terbesar).
2. Untuk level 100 % dikonversikan pada harga 20 mA (biasanya pada detektor ditunjukkan dengan harga cacah terkecil).



Gambar 2.14 Hubungan harga cacah yang diterima detektor dengan level (%) [SAV06]

2.5 Regresi Berganda

2.5.1 Hubungan Linier antar Lebih dari Dua Variabel

Untuk memperkirakan/meramalkan nilai variabel Y, lebih baik kalau diperhitungkan variabel-variabel lain yang ikut mempengaruhi Y. Dengan demikian, kita mempunyai hubungan antara satu variabel tidak bebas (dependent-variabel) Y dengan beberapa variabel lain yang bebas (independent variabel) X_1, X_2, ..., X_k.[SUP94].

Misalnya: Y = hasil penjualan, akan dipengaruhi oleh daya beli (X_1), harga (X_2), impor (X_3), dan lain sebagainya; Y = produksi padi, akan dipengaruhi oleh X_1 = bibit, X_2 = pupuk, X_3 = curah hujan, X_4 = luas sawah, dan lain sebagainya.

Untuk meramalkan Y, apabila semua nilai variabel bebas diketahui, dipergunakan persamaan regresi linier berganda. Hubungan Y dan X_1, X_2, ..., X_k yang sebenarnya adalah sebagai berikut:

$$\boxed{Y_i = B_1 X_{1i} + B_2 X_{2i} + \ldots + B_k X_{ki} + \in_i} \qquad \text{(populasi)} \qquad (2.26)$$

$$\boxed{Y_i = b_i X_{1i} + b_2 X_{2i} + \ldots + b_k X_{ki} + e_i} \qquad \text{(sampel)} \qquad (2.27)$$

i = 1, 2, ..., n

b_1, b_2, ..., b_k, dan e_i adalah pendugaan atas B_1, B_2, ..., B_k, $\in_i$.

Apabila dinyatakan dalam bentuk persamaan matriks, akan diperoleh rumus berikut:

$$\boxed{\underline{Y} = \underline{X}\,\underline{B} + \underline{\in}} \qquad , \ \underline{Y}, \underline{B}, \underline{\in} = \text{vektor} \qquad (2.28)$$

$\underline{X}$ = matriks

dimana

$$\underline{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \ldots \\ Y_i \\ \ldots \\ Y_k \end{bmatrix} \quad \underline{B} = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \ldots \\ B_i \\ \ldots \\ B_k \end{bmatrix} \quad \underline{\in} = \begin{bmatrix} \in_1 \\ \in_2 \\ \ldots \\ \in_i \\ \ldots \\ \in_k \end{bmatrix} \quad \underline{X} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{21} & \ldots & X_{k1} \\ X_{12} & X_{22} & & X_{k2} \\ \ldots & \ldots & & \ldots \\ X_{1i} & X_{2i} & & X_{ki} \\ \ldots & \ldots & & \ldots \\ X_{1n} & X_{2n} & & X_{kn} \end{bmatrix}$$

Koefisien B harus diestimasi berdasarkan data hasil penelitian sampel acak. Prosedur estimasi tergantung asumsi mengenai variabel X dan kesalahan pengganggu $\in$. Beberapa asumsi yang penting adalah sebagai berikut:

(1) Nilai harapan setiap kesalahan pengganggu sama dengan

$$\begin{bmatrix} E(\in_1) \\ E(\in_2) \\ \dots \\ E(\in_i) \\ \dots \\ E(\in_n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix} = \underline{0} = \text{vektor nol}$$

Perhatikan, bahwa nilai harapan (expected value) suatu vektor/matriks adalah nilai harapan dari masing-masing komponen vektor/matriks tersebut.

(2) Kesalahan pengganggu yang satu ($\in_i$) tidak berkorelasi (bebas) terhadap kesalahan pengganggu lainnya ($\in_j$), akan tetapi mempunyai varians yag sama.

$$E(\in_i \in_j) = 0,\ i \neq j,\ E(\in_i^2) = \sigma^2 \text{ untuk semua } i.$$

Apabila dinyatakan dalam bentuk matriks, maka asumsi tersebut menjadi sebagai berikut:

$$E(\in\in^T)\begin{bmatrix} E(\in_1^2) & E(\in_1\in_2) & \dots & E(\in_1\in_n) \\ E(\in_2\in_1) & E(\in_2\in_2) & \dots & E(\in_2\in_n) \\ \dots & & & \\ E(\in_i\in_1) & E(\in_i\in_2) & \dots & E(\in_i\in_n) \\ \dots & & & \\ E(\in_n\in_1) & E(\in_n\in_2) & \dots & E(\in_n^2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma^2 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma^2 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ & & & & & \\ 0 & 0 & \dots & \sigma^2 & \dots & 0 \\ & & & & & \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & \sigma^2 \end{bmatrix}$$

$\underline{\in}^T$ = tranpos dari vektor kolom $\underline{\in}$, atau dengan kata lain, $\underline{\in}^T$ merupakan vektor baris.

$\underline{\in}^T = (\in_1 \dots \in_2 \dots \in_i \dots \in_n)$. I = matriks identitas, karena setiap kesalahan pengganggu mempunyai varians yang sama (perhatikan tanda σ^2 pada diagonal matriks. Asumsi mengenai varians yang sama ini disebut *Homoskedatisita*).

(3) X_{1i}, X_{2i}, ..., X_{ki} merupakan bagian riil, tanpa mengandung kesalahan. Dengan perkataan lain, matriks merupakan himpunan angka-angka konstan (*fixed number*).

(4) Matriks X mempunyai rank k < n (ada k kolom dari matriks X yang bebas linear). Banyaknya observasi n harus lebih banyak dari banyaknya variabel, atau lebih banyak dari koefisien regresi parsial yang akan diestimasi.

Persamaan regresi linier berganda perkiraan:

$$\boxed{\hat{Y} = b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k} \longrightarrow Y = \hat{Y} + e \qquad (2.29)$$

Apabila b_1, b_2, ..., b_k sudah dihitung sebagai penduga parameter B_1, B_2, ..., B_k, berdasarkan data dari sampel, maka $\hat{Y}$ dapat digunakan untuk meramalkan Y, setelah X_1, X_2, ..., X_k diketahui nilainya.[SUP94].

2.6 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Level Isi Tangki

Sebuah tangki minyak yang memuat berliter-liter minyak akan sulit sekali diketahui ketinggian isinya secara langsung. Untuk mengetahui tinggi dari isi tangki tersebut maka digunakan perhitungan fuzzy dengan beberapa faktor yang akan dijadikan sebagai input. Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan level isi tangki.

2.6.1 Cacah

Setiap radiasi yang mengenai alat ukur akan dikonversikan menjadi sebuah pulsa listrik Bila kuantitas radiasi yang mengenai alat ukur makin tinggi, maka jumlah pulsa listrik yang dihasilkan semakin banyak. Sedangkan energi dari setiap radiasi yang masuk sebanding dengan tinggi pulsa yang dihasilkan. Jadi makin besar energinya semakin tinggi pulsanya.

Informasi yang dihasilkan oleh alai ukur cara pulsa ini adalah jumlah pulsa (cacahan) dalam selang waktu pengukuran tertentu dan tinggi pulsa listrik.

Jumlah pulsa sebanding dengan kuantitas radiasi yang memasuki detektor, sedangkan tinggi pulsa sebanding dengan energi radiasi. Kelemahan alat ukur cara pulsa diatas adalah adanya kemungkinan tidak tercacahnya radiasi karena kecepatan konversi. Untuk dapat mengubah sebuah radiasi menjadi pulsa listrik dibutuhkan waktu konversi tertentu. Bila kuantitas radiasi yang akan diukur sedemikian banyaknya sehingga selang waktu antara dua buah radiasi yang berurutan lebih cepat daripada waktu konversi alat, maka radiasi yang terakhir tidak tercacah.[SAV06]

2.6.2 Arus

Rata-rata akumulasi energi persatuan waktu akan dikonversikan menjadi arus listrik. Semakin banyak kuantitas radiasi persatuan waktu yang memasuki detektor, akan semakin besar arusnya. Informasi yang ditampilkan adalah intensitas radiasi yang memasuki detektor.

Kelemahanya adalah ketidakmampuan memberikan informasi energi dari tiap radiasi. Sedangkan keuntungannya adalah proses pengukurannya lebih cepat.[SAV06]

2.7 Kakas Pemrograman Borland Delphi 7

Dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir Aplikasi Logika Fuzzy pada pengukuran level isi tangki penyusun menggunakan kakas pemrograman Borland

Delphi 7.0. atau biasa disebut Delphi adalah kakas pemrograman yang bekerja dalam Ms.Windows secara optimal. Delphi menyediakan komponen-komponen yang memungkinkan untuk membuat program aplikasi yang sesuai dengan tampilan dan cara kerja Ms.Windows, menyediakan fasilitas pemrograman misalnya kemampuan operasi perhitungan, diperkuat dengan bahasa pemrograman Object Pascal yang sangat terkenal. [PRA 02]

Secara umum, sebuah aplikasi dengan Delphi paling banyak tidak melibatkan sebuah form. Namun tentu saja juga bisa melibatkan banyak form. Ketika dijalankan, form akan berupa sebuah jendela. Sebuah form umumnya banyak melibatkan komponen lain (mengingat form sendiri juga tergolong sebagai komponen).