

LOGIKA FUZZY

UTHIE



Pendahuluan

- Logika fuzzy pertama kali dikembangkan oleh Lotfi A. Zadeh melalui tulisannya pada tahun 1965 tentang teori himpunan fuzzy.
- Lotfi Asker Zadeh adalah seorang ilmuwan Amerika Serikat berkebangsaan Iran dari Universitas California di Barkeley,





- Meskipun logika fuzzy dikembangkan di Amerika, namun ia lebih populer dan banyak diaplikasikan secara luas oleh praktisi Jepang dengan mengadaptasikannya ke bidang kendali (control).
- Mengapa logika fuzzy yang ditemukan di Amerika malah lebih banyak ditemukan aplikasinya di negara Jepang?
- Salah satu penjelasannya: kultur orang Barat yang cenderung memandang suatu persoalan sebagai hitam-putih, ya-tidak, bersalah-tidak bersalah, sukses-gagal, atau yang setara dengan dunia logika biner Aristoteles,
- sedangkan kultur orang Timur lebih dapat menerima dunia “abu-abu” atau fuzzy.



- Saat ini banyak dijual produk elektronik buatan Jepang yang menerapkan prinsip logika fuzzy, seperti mesin cuci, AC, dan lain-lain.
- Tahun 1990, mesin cuci otomatis di Jepang menggunakan logika fuzzy.
 - ✓ Menggunakan sensor untuk mendekripsi kotoran pada pakaian.
 - ✓ Inputnya: tingkat kekotoran, jenis kotoran dan banyaknya cucian.
 - ✓ Outputnya: menentukan putaran putaran yang tepat secara otomatis.
- Fuzzy logic sudah diterapkan pada banyak bidang, mulai dari teori kendali hingga inteligensia buatan.



- Dunia kedokteran dan biologi : Diagnosis penyakit pasien, penelitian kanker, dsb.
- Manajemen pengambilan keputusan
 - ✓ Manajemen basis data untuk query data
 - ✓ Tata letak pabrik yang maksimal
 - ✓ Penentuan jumlah produksi berdasarkan jumlah stok dan permintaan.
- Klasifikasi dan pencocokan pola.
- Mengukur kualitas air, peramalan cuaca, dsb.

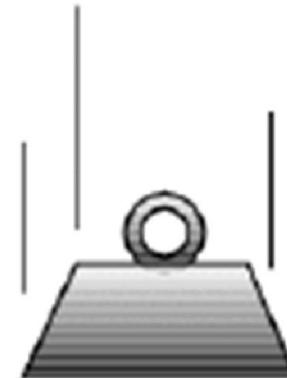


- Logika fuzzy umumnya diterapkan pada masalah-masalah yang mengandung unsur ketidakpastian (uncertainty), ketidaktepatan (imprecise), noisy, dan sebagainya.
- Logika fuzzy menjembatani bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada makna atau arti (significance).
- Logika fuzzy dikembangkan berdasarkan bahasa manusia (bahasa alami)



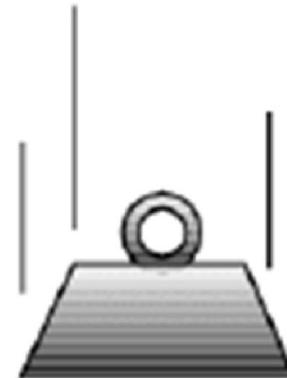
Precision and Significance in the Real World

A 1500 kg mass
is approaching
your head at
45.3 m/s



Precision

**LOOK
OUT!!**



Significance



- Professor Zadeh reasoned that people do not require precise, numerical information input, and yet they are capable of highly adaptive control. If feedback controllers could be programmed to accept noisy, imprecise input, they would be much more effective and perhaps easier to implement.
- Profesor Zadeh beralasan bahwa orang tidak memerlukan ketepatan, numerik masukan informasi, namun mereka memerlukan suatu kontrol yang sangat adaptif. Jika pengendali umpan balik bisa diprogram untuk menerima noise, masukan yang tidak tepat, mereka akan jauh lebih efektif dan mungkin lebih mudah untuk diterapkan



- (Sumber: <http://urtechfriendpaperpresentations5.blogspot.paperpresentations5.com/p/neuralnetworks-fuzzy-logic.html>).
- As complexity rises, precise statements lose meaningful and meaningful statements lose precision (Lutfi A. Zadeh)



Contoh-contoh masalah yang mengandung ketidakpastian:

1. Seseorang dikatakan “tinggi” jika tinggi badannya lebih dari 1,7 meter. Bagaimana dengan orang yang mempunyai tinggi badan 1,6999 meter atau 1,65 meter, apakah termasuk kategori orang tinggi?

Menurut persepsi manusia, orang yang mempunyai tinggi badan sekitar 1,7 meter dikatakan “kurang lebih tinggi” atau “agak tinggi”.



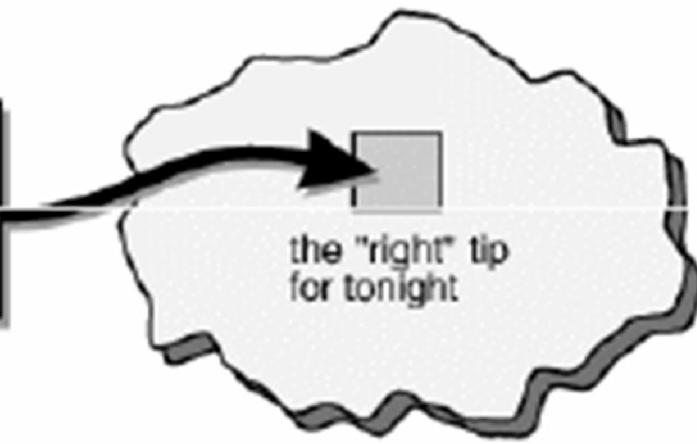
- Contoh 2: Kecepatan “pelan” didefinisikan di bawah 20 km/jam.
- Bagaimana dengan kecepatan 20,001 km/jam, apakah masih dapat dikatakan pelan?
- Manusia mungkin mengatakan bahwa kecepatan 20,001 km/jam itu “agak pelan”.
- Ketidapastian dalam kasus –kasus ini disebabkan oleh kaburnya pengertian “agak”, “kurang lebih”, “sedikit”, dan sebagainya .



Input Space
(all possible service
quality ratings)



Output Space
(all possible tips)



An input-output map for the tipping problem:
"Given the quality of service, how much should I tip?"



Konsep Dasar

- Logika fuzzy bukanlah *logika yang tidak jelas (kabur)*,
- ✓ tetapi logika yang digunakan untuk *menggambarkan ketidakjelasan*.
- Logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy
- ✓ Himpunan yang mengkalibrasi ketidakjelasan.
- ✓ Logika fuzzy didasarkan pada gagasan bahwa segala sesuatu mempunyai nilai derajat.
- Logika Fuzzy merupakan peningkatan dari logika Boolean yang mengenalkan konsep *kebenaran sebagian*.
 1. Logika klasik (*Crisp Logic*) menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah binary (0 atau 1, hitam atau putih, *ya atau tidak*) Tidak ada nilai diantaranya
 2. Logika fuzzy menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat *kebenaran* Ada nilai diantara hitam dan putih (abu-abu).



Alasan Penggunaan Fuzzy

1. Mudah dimengerti, konsep matematisnya sederhana
2. Sangat Fleksibel
3. Memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat (kabur)
4. Mampu memodelkan fungsi-fungsi non-linear yang sangat kompleks.
5. Dapat menerapkan pengalaman pakar secara langsung tanpa proses pelatihan.
6. Dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Didasarkan pada bahasa alami



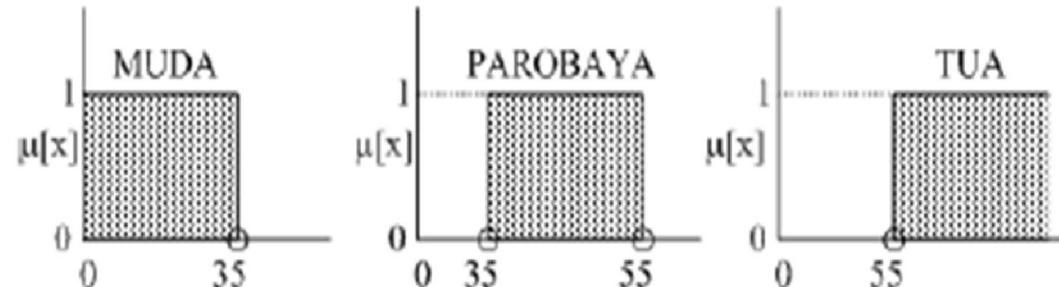
Himpunan Crisp (Tegas)

- Nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , ditulis $m_A[x]$, memiliki 2 kemungkinan:
 - ✓ Satu (1): berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan
 - ✓ Nol (0): berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.
- Contoh: $S = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ adalah semesta pembicaraan
 $A = \{1, 2, 3\}$ dan $B = \{3, 4, 5\}$
- Bisa dikatakan bahwa:
 - Nilai keanggotaan 2 pada himpunan A , $\mu_A[2]=1$, karena $2 \in A$
 - Nilai keanggotaan 3 pada himpunan A , $\mu_A[3]=1$, karena $3 \in A$
 - Nilai keanggotaan 4 pada himpunan A , $\mu_A[4]=0$, karena $4 \notin A$
 - Nilai keanggotaan 2 pada himpunan B , $\mu_B[2]=0$, karena $2 \notin B$
 - Nilai keanggotaan 3 pada himpunan B , $\mu_B[3]=1$, karena $3 \in B$



- Misal variable umur dibagi menjadi 3 katagori :

- MUDA umur < 35 tahun
- PAROBAYA $35 \leq$ umur ≤ 55 tahun
- TUA umur > 55 tahun



- Apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan MUDA, $\mu_{\text{MUDA}}[34]=1$
- Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan TIDAK MUDA, $\mu_{\text{MUDA}}[35]=0$
- Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan PAROBAYA, $\mu_{\text{PAROBAYA}}[35]=1$
- Apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan TIDAK PAROBAYA, $\mu_{\text{PAROBAYA}}[35-1]=0$
- Apabila seseorang berusia 55 tahun, maka ia dikatakan TIDAK TUA, $\mu_{\text{TUA}}[55]=0$
- Apabila seseorang berusia 55 tahun lebih $\frac{1}{2}$ hari, maka ia dikatakan TUA, $\mu_{\text{TUA}}[55+0.5]=1$
- Tidak adil bukan ?



- Contoh Himpunan Tegas dapat dilihat pada sebagai berikut :
Misalkan, $x = \{5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80\}$ adalah crisp set Usia dalam satuan tahun.
Balita, Dewasa, Muda, dan Tua adalah empat fuzzy set yang merupakan subset dari x

x	Balita	Dewasa	Muda	Tua
5	0	0	1	0
10	0	0	1	0
20	0	0.8	0.8	0.1
30	0	1	0.5	0.2
40	0	1	0.2	0.4
50	0	1	0.1	0.6
60	0	1	0	0.8
70	0	1	0	1
80	0	1	0	1

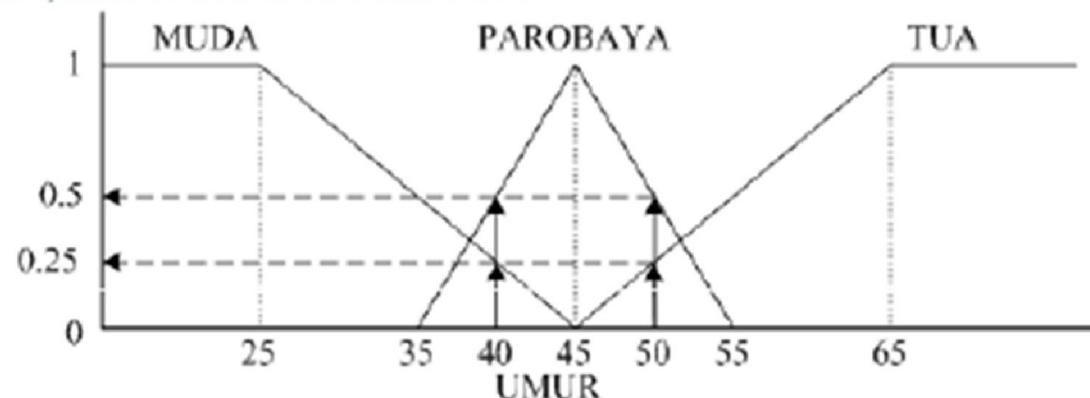
- Pada tabel di atas, terdapat 4 buah fuzzy set dengan anggota dan derajat keanggotaannya sebagai berikut :
 - Balita = $\{\}$.
 - Dewasa = $\{20, 30, 40, 50, 60, 70, 80\}$, di mana derajat keanggotaannya dinyatakan oleh $u\text{-Dewasa} = \{0.8, 1, 1, 1, 1, 1, 1\}$.
 - Muda = $\{5, 10, 20, 30, 40, 50\}$, di mana derajat keanggotaannya dinyatakan oleh $u\text{-muda} = \{1, 1, 0.8, 0.5, 0.2, 0.1\}$
 - Tua = $\{20, 30, 40, 50, 60, 70, 80\}$, di mana derajat keanggotaannya dinyatakan oleh $u\text{-Tua} = \{0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1\}$



Himpunan Fuzzy

- Digunakan untuk mengantisipasi dimana seseorang dapat masuk dalam 2 himpunan yang berbeda.

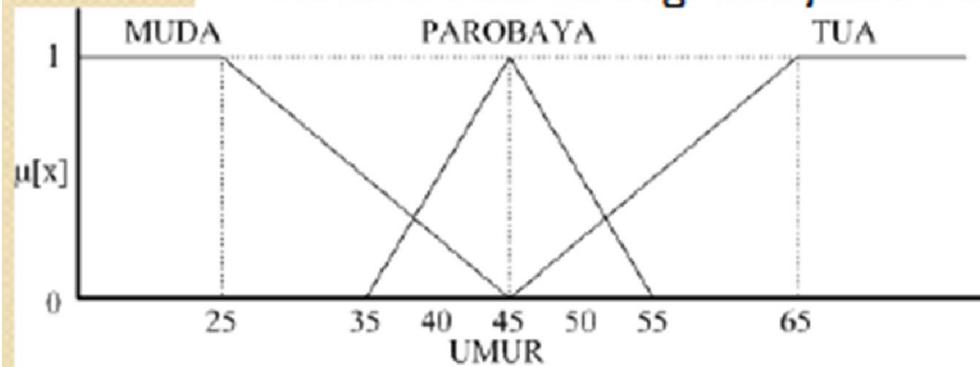
- Misal, MUDA dan PAROBAYA, atau PAROBAYA dan TUA.



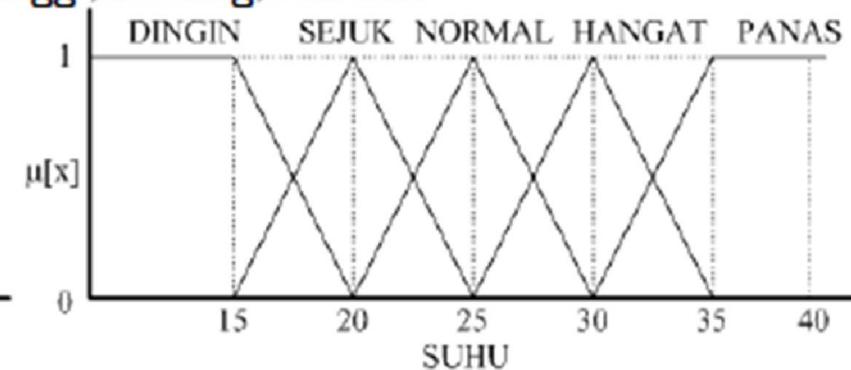
- Contoh (dari gambar):
 - Seseorang yang berusia 40 tahun, masuk dalam himpunan MUDA dengan $\mu_{MUDA}[40] = 0.25$; Tapi juga masuk dalam himpunan PAROBAYA dengan $\mu_{PAROBAYA}[40] = 0.5$
 - Seseorang yang berusia 50 tahun, masuk dalam himpunan PAROBAYA dengan $\mu_{PAROBAYA}[50] = 0.5$; Tapi juga masuk dalam himpunan TUA dengan $\mu_{TUA}[50] = 0.25$
- Jangkauan nilai keanggotaan setiap item data dalam rentang 0 dan 1:
 - Jika suatu item x mempunyai nilai keanggotaan fuzzy $\mu_A[x] = 0$ maka item tersebut **tidak menjadi anggota** himpunan A
 - Jika suatu item x mempunyai nilai keanggotaan fuzzy $\mu_A[x] = 1$ maka item tersebut **menjadi anggota penuh** himpunan A



- Variabel Fuzzy
 - Fitur yang dijadikan **basis dalam suatu sistem penalaran fuzzy**.
 - Contoh : umur, suhu, berat badan, tinggi badan, dsb
 - Himpunan Fuzzy
 - Himpunan fuzzy yang mewakili suatu **kondisi** pada suatu variabel fuzzy.
- Contoh :
- Variabel umur terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy: muda, parobaya, tua
 - Variabel suhu terbagi 3 menjadi himpunan fuzzy: panas, hangat, dingin.
 - Variabel nilai terbagi menjadi 3 : tinggi, sedang, rendah



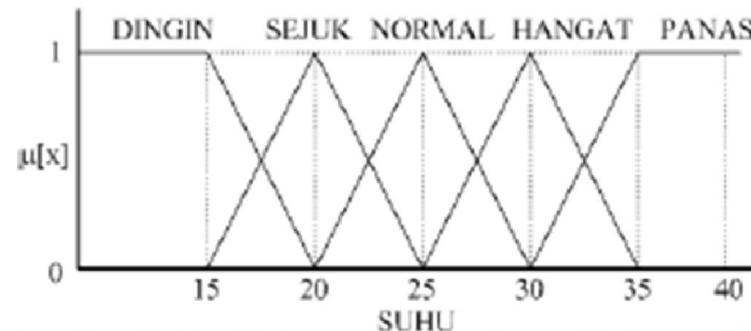
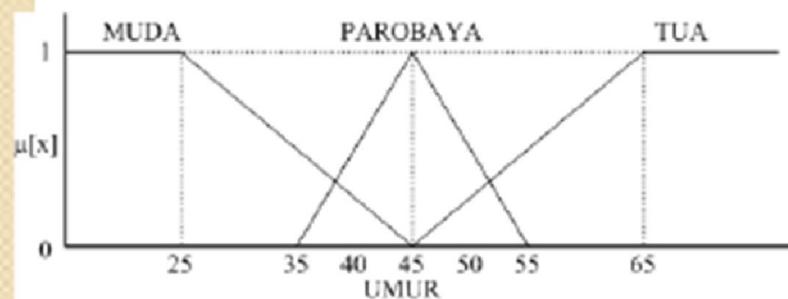
Himpunan Fuzzy variabel UMUR



Himpunan Fuzzy variabel SUHU



- Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu :
 - **Linguistik**, yaitu penamaan suatu group yang mewakili suatu kondisi, misalnya: MUDA, PAROBAYA, TUA
 - **Numeris**, yaitu ukuran dari suatu variabel seperti : 30,40, 55, 65, dst
- Himpunan Semesta
 - Adalah keseluruhan nilai yang boleh dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy.
 - Contoh:
 - Semesta untuk variabel umur : $[0, \infty]$
 - Semesta untuk variabel berat badan : $[1, 150]$
 - Semesta untuk variabel suhu : $[0, 100]$.



- Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy.
 - Contoh:
 - MUDA = $[0 \ 45]$, PAROBAYA = $[35 \ 55]$, TUA = $[45 \ +\infty]$
 - DINGIN = $[0 \ 20]$, SEJUK = $[15 \ 25]$, NORMAL = $[20 \ 30]$, HANGAT = $[25 \ 35]$, PANAS = $[30 \ 40]$

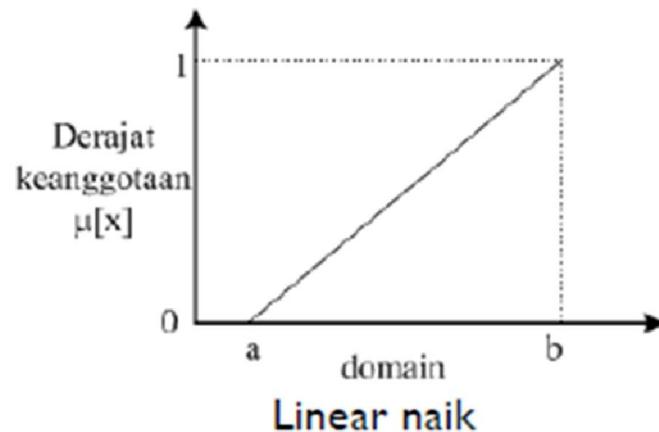


Fungsi Keanggotaan

- Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan **pemetaan titik-titik input data** (sumbu x) **kepada nilai keanggotaannya** (sering juga disebut derajat keanggotaan) yang mempunyai **interval mulai 0 sampai 1**.

- Menggunakan pendekatan fungsi:

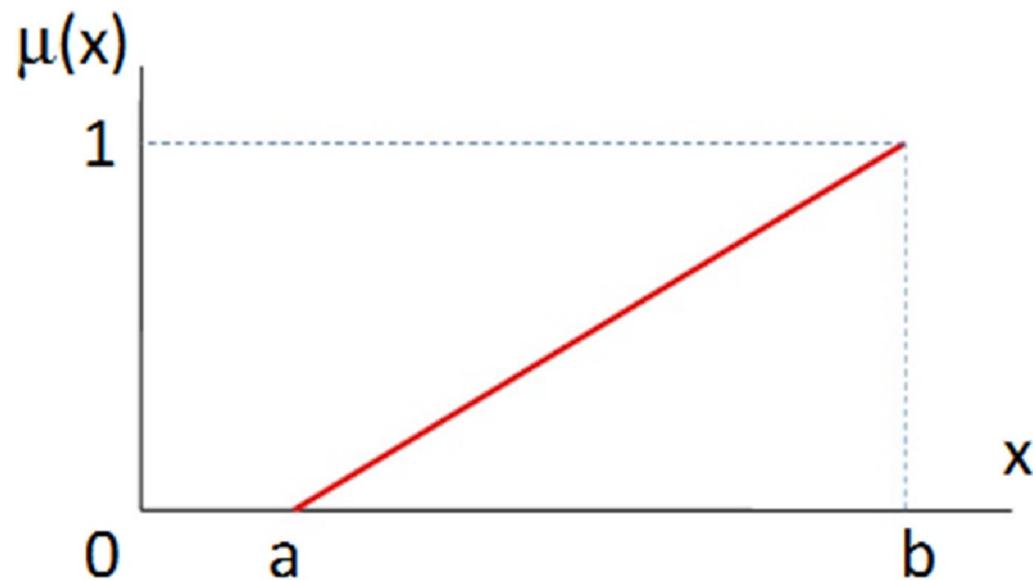
- Linear naik
- Linear turun
- Kurva segitiga
- Kurva trapesium
- Kurva Sigmoid
- Kurva Phi
- Kurva Beta
- Kurva Gauss



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

- Fungsi Linear naik dan Linear turun

- Berupa suatu garis lurus.
- Untuk Linear naik: dimulai dari derajat 0 bergerak kekanan menuju ke nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan lebih tinggi.
- Untuk Linear turun: dimulai dari derajat 1 pada sisi kiri bergerak kekanan menuju ke nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan lebih rendah.



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

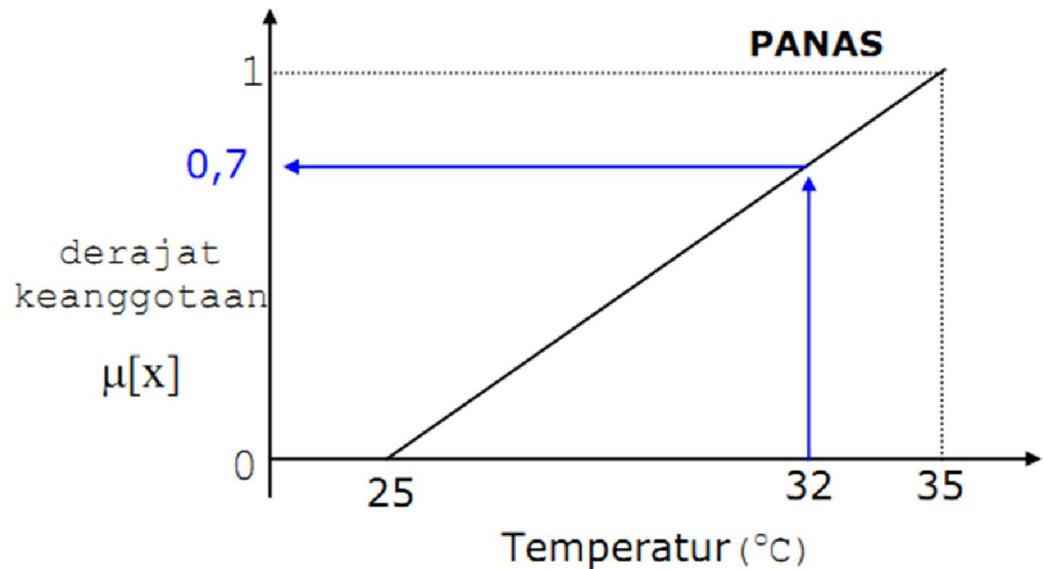


FUNGSI KEANGGOTAAN HIMPUNAN FUZZY (MEMBERSHIP FUNCTION)

1

Representasi LINIER NAIK

Fungsi keanggotaan untuk himpunan PANAS pada variabel temperatur ruangan seperti terlihat pada Gambar



$$\mu_{\text{Panas}}(27) = ????$$

$$\mu_{\text{Panas}}(34) = ????$$

$$\begin{aligned}\mu_{\text{PANAS}}[32] &= (32-25)/(35-25) \\ &= 7/10 = 0,7\end{aligned}$$



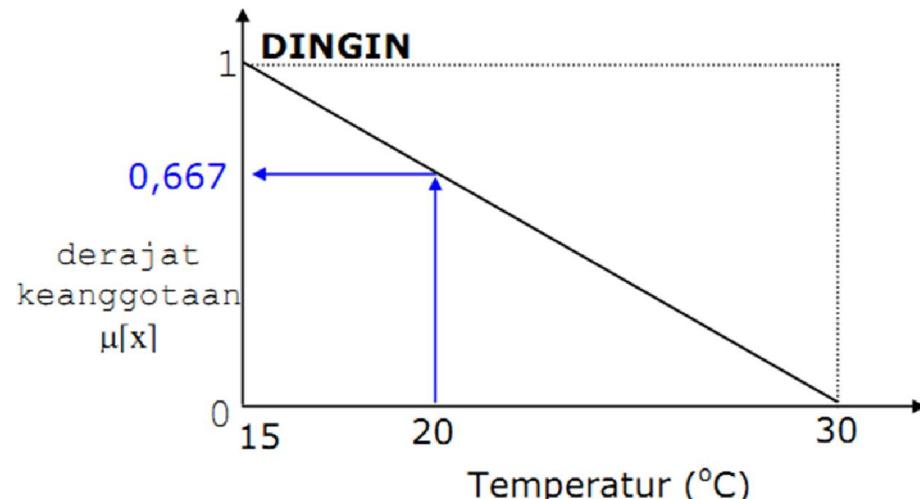
FUNGSI KEANGGOTAAN HIMPUNAN FUZZY (MEMBERSHIP FUNCTION)

1

Representasi LINIER TURUN

Contoh:

Fungsi keanggotaan untuk himpunan DINGIN pada variabel temperatur ruangan seperti terlihat pada Gambar



$$\begin{aligned}\mu_{\text{DINGIN}}[20] &= (30-20)/(30-15) \\ &= 10/15 = 0,667\end{aligned}$$

$$\mu_{\text{dingin}}(25) = ???$$

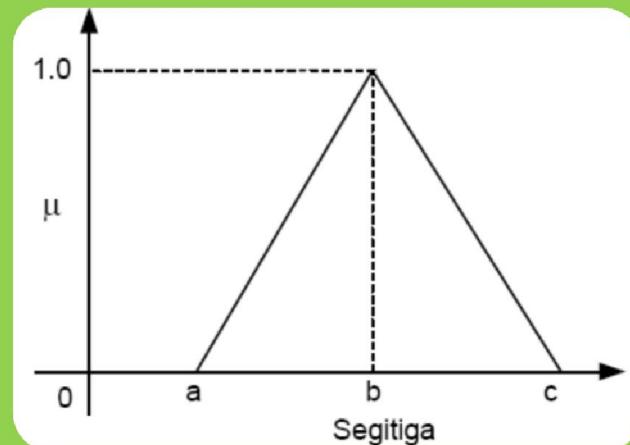
$$\mu_{\text{dingin}}(17) = ???$$

2

Representasi segitiga (triangular)

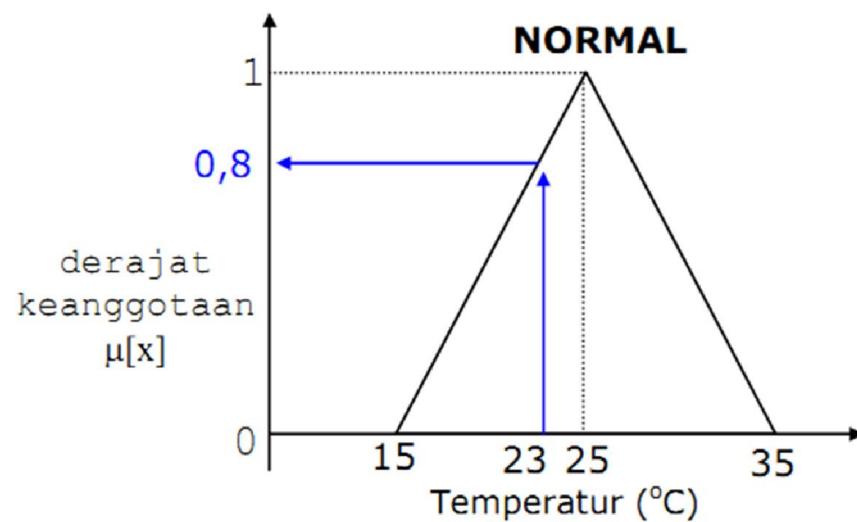
Ditentukan oleh 3 parameter $\{a, b, c\}$ sebagai berikut :

$$\text{triangle}(x : a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$



Fungsi keanggotaan untuk himpunan NORMAL pada variabel temperatur ruangan seperti terlihat pada Gambar

$$\begin{aligned}\mu_{\text{NORMAL}}[23] &= (23-15)/(25-15) \\ &= 8/10 = 0,8\end{aligned}$$

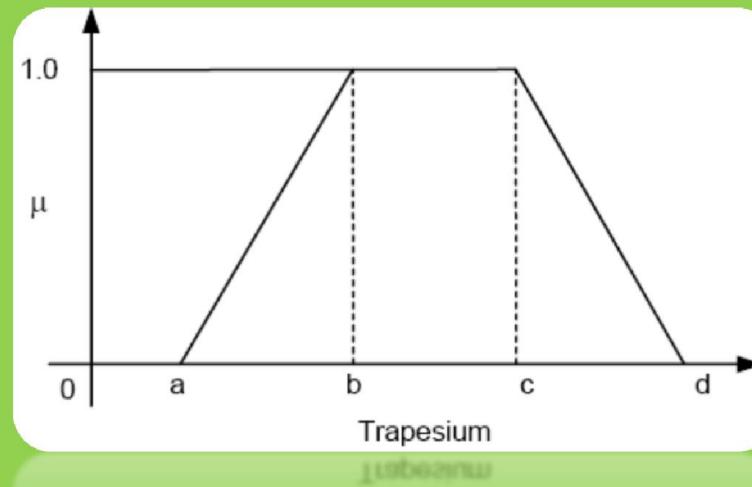


3

Representasi Trapesium

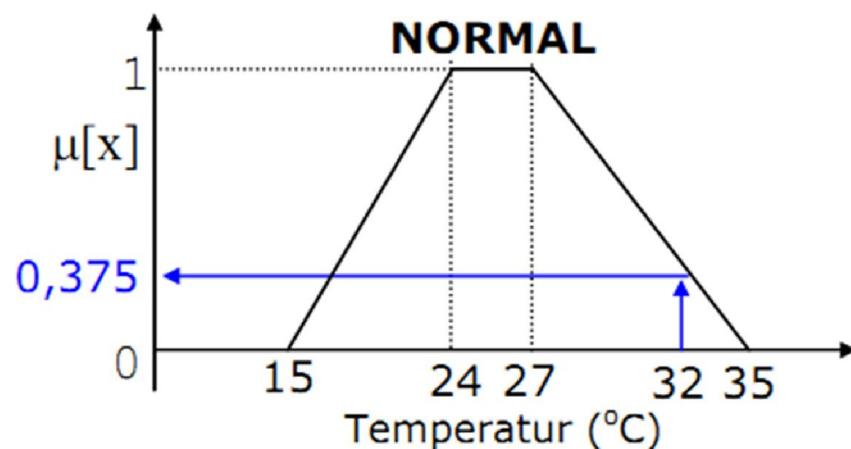
Ditentukan oleh 4 parameter
 $\{a,b,c,d\}$ sebagai berikut :

$$\text{trapezoid}(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases}$$



Fungsi keanggotaan untuk himpunan
NORMAL pada variabel temperatur
ruangan seperti terlihat pada Gambar

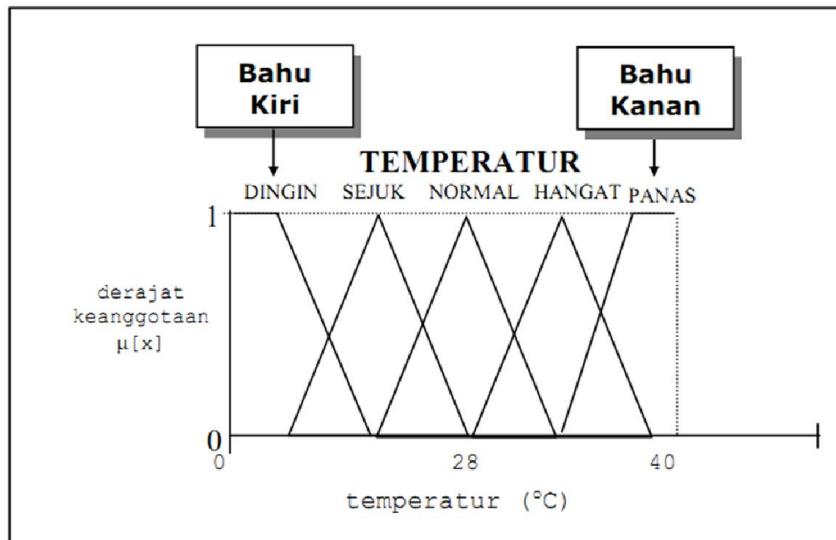
$$\begin{aligned}\mu_{\text{NORMAL}}[23] &= (35-32)/(35-27) \\ &= 3/8 = 0,375\end{aligned}$$



4

Representasi bentuk BAHU

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan: DINGIN bergerak ke SEJUK bergerak ke HANGAT dan bergerak ke PANAS). Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Sebagai contoh, apabila telah mencapai kondisi PANAS, kenaikan temperatur akan tetap berada pada kondisi PANAS. Himpunan fuzzy ‘bahu’, bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar.



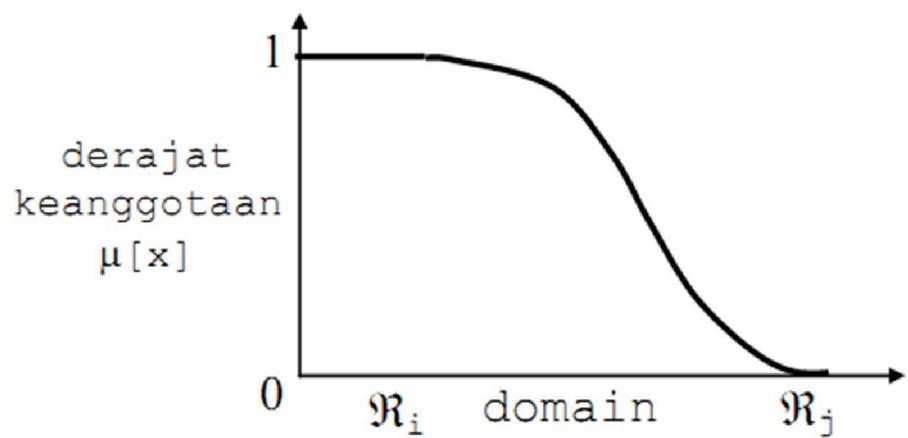
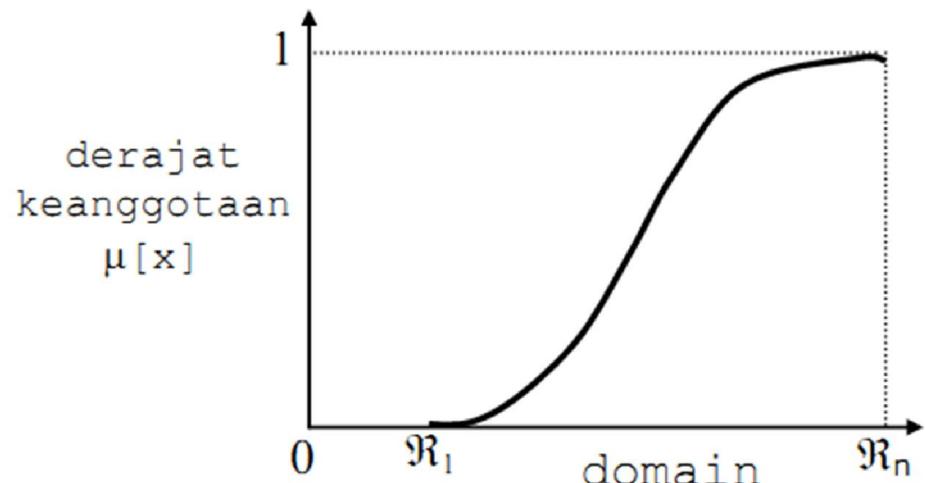
5

Representasi bentuk S

Kurva PERTUMBUHAN dan PENYUSUTAN merupakan kurva-S atau sigmoid yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linear.

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

Kurva-S untuk PENYUSUTAN akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0)

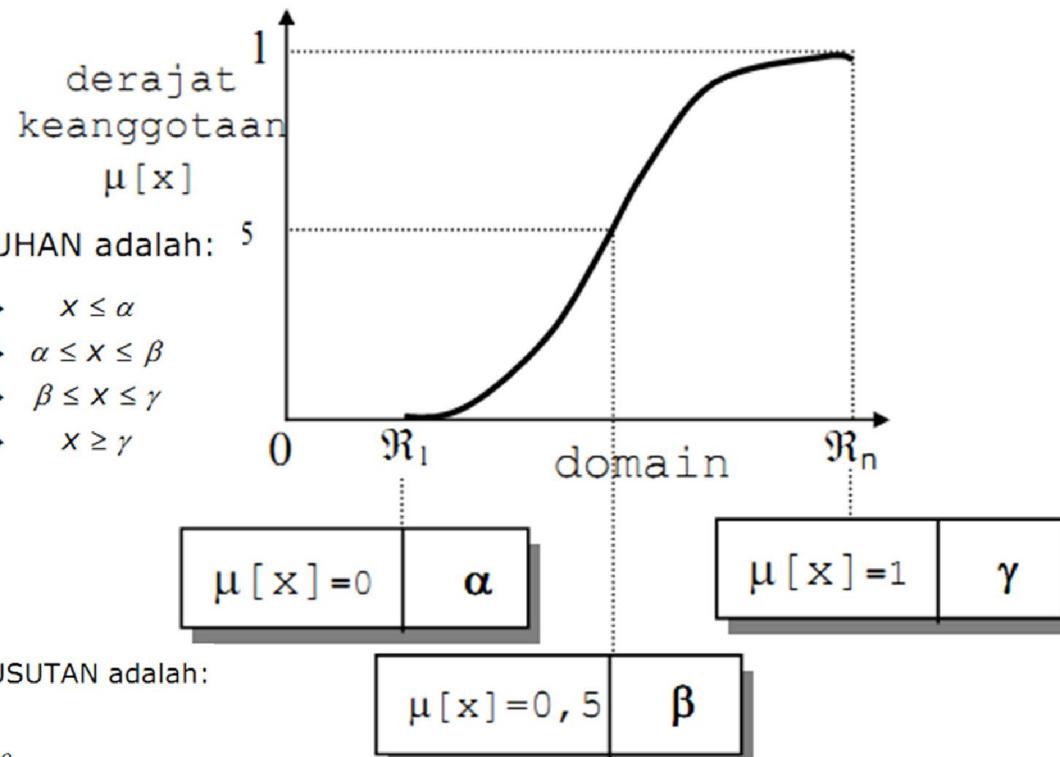


5

Representasi bentuk S

Fungsi keanggotaan pada kurva PERTUMBUHAN adalah:

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



Sedangkan fungsi keanggotaan pada kurva PENYUSUTAN adalah:

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

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.

5

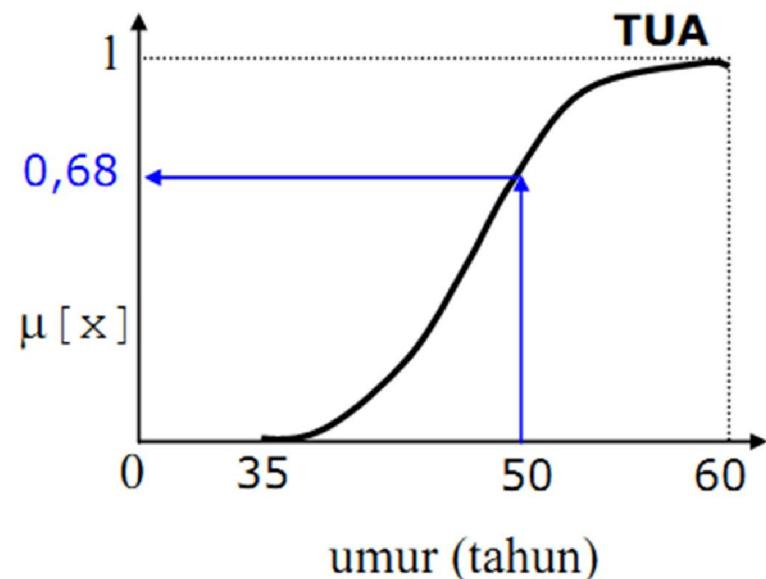
Representasi bentuk S

Contoh

Fungsi keanggotaan untuk himpunan TUA pada variabel umur seperti terlihat pada Gambar

$$\begin{aligned}\mu_{\text{TUA}}[50] &= 1 - 2((60-50)/(60-35))^2 \\ &= 1 - 2(10/25)^2 \\ &= 0,68\end{aligned}$$

$$\mu_{\text{tua}}(42) = ???$$



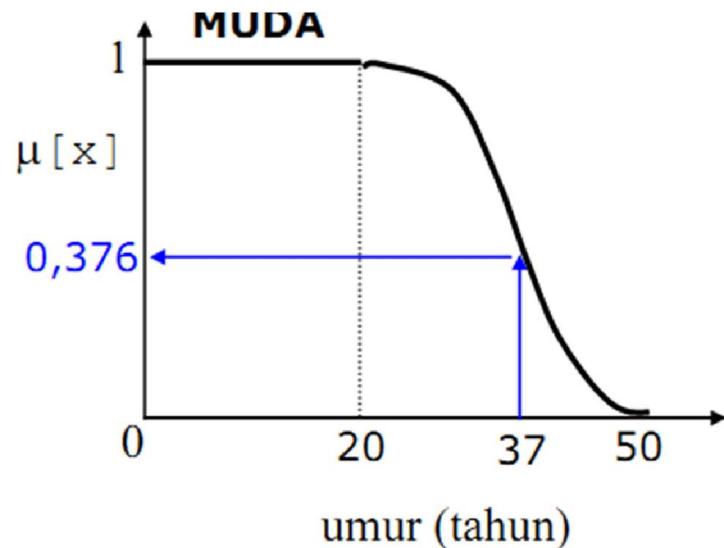
5

Representasi bentuk S

Contoh

Fungsi keanggotaan untuk himpunan MUDA pada variabel umur seperti terlihat pada Gambar

$$\begin{aligned}\mu_{\text{Muda}}(37) &= 2((50-37)/(50-20))^2 \\ &= 2(13/30)^2 \\ &= 0,376\end{aligned}$$



Representasi bentuk LONCENG (BELL CURVE)

Untuk merepresentasikan bilangan fuzzy, biasanya digunakan kurva berbentuk lonceng. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu:

- himpunan fuzzy PI,
- beta,
- Gauss.

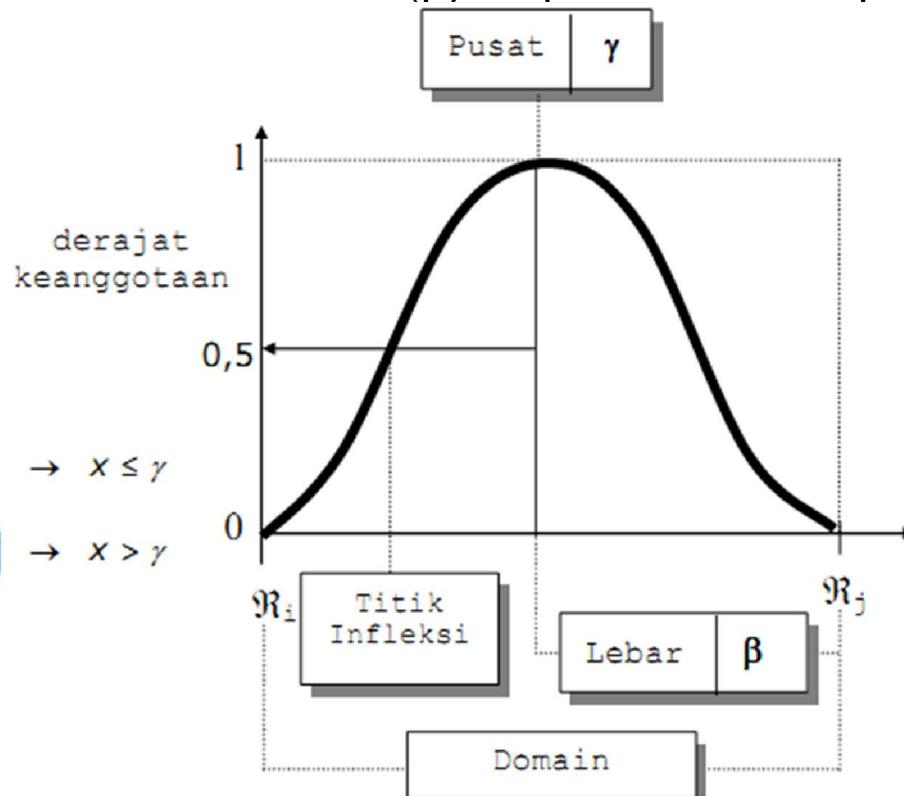
Representasi bentuk LONCENG (BELL CURVE)

Kurva PI

Kurva PI berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain (γ), dan lebar kurva (β) seperti terlihat pada Gambar

Fungsi Keanggotaan:

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



Representasi bentuk LONCENG (BELL CURVE)

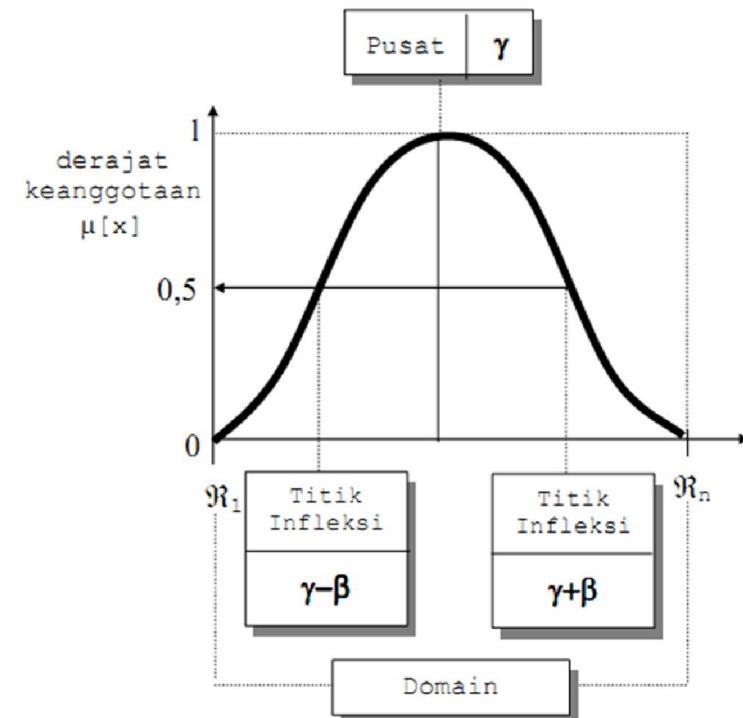
Kurva Beta

Seperti halnya kurva PI, 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

Fungsi Keanggotaan:

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

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



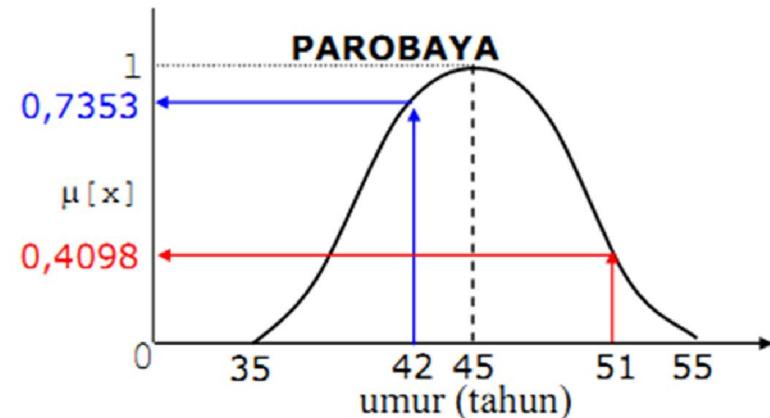
Representasi bentuk LONCENG (BELL CURVE)

Kurva Beta

Fungsi keanggotaan untuk himpunan SETENGAH BAYA pada variabel umur seperti terlihat pada Gambar

$$\mu_{1/2BAYA}[42] = 1/(1+((42-45)/5)^2) \\ = 0,7353$$

$$\mu_{1/2BAYA}[51] = 1/(1+((51-45)/5)^2) \\ = 0,4098$$



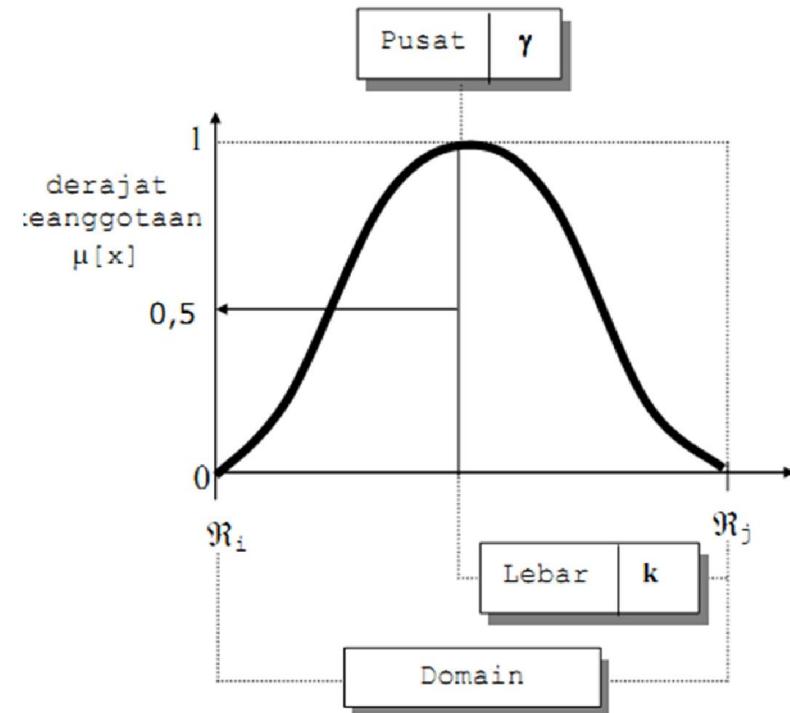
Representasi bentuk LONCENG (BELL CURVE)

Kurva Gauss

Jika kurva PI dan kurva BETA menggunakan 2 parameter yaitu (γ) dan (β), kurva GAUSS juga menggunakan (γ) untuk menunjukkan nilai domain pada pusat kurva, dan (k) yang menunjukkan lebar kurva

Fungsi Keanggotaan:

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





Operasi Logika (Operasi Himpunan Fuzzy)

Operasi logika adalah operasi yang mengombinasikan dan memodifikasi 2 atau lebih himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan baru hasil operasi dua himpunan disebut *firing strength* atau α predikat, ada 3 operasi dasar yang diciptakan oleh Zadeh :

1. **Operator AND**, berhubungan dengan operasi *intersection* pada himpunan, α predikat diperoleh dengan mengambil nilai minimum antar kedua himpunan.

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

Misal nilai keanggotaan umur 27 pada himpunan muda adalah $\mu_{MUDA}[27] = 0,6$

dan nilai keanggotaan 2 juta pada himpunan penghasilan TINGGI adalah

$$\mu_{GAJITINGGI}[2juta] = 0,8$$

maka -predikat untuk usia MUDA dan berpenghasilan TINGGI adalah nilai keanggotaan minimum :

$$\begin{aligned}\mu_{MUDA \cap GAJITINGGI} &= \min(\mu_{MUDA}[27], \mu_{GAJITINGGI}[2juta]) \\ &= \min(0,6 ; 0,8) \\ &= 0,6\end{aligned}$$



2.

Operator OR, berhubungan dengan **operasi union** pada himpunan, α predikat diperoleh dengan mengambil nilai maximum antar kedua himpunan.

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

Misal nilai keanggotaan umur 27 pada himpunan muda adalah $\mu_{MUDA}[27] = 0,6$ dan nilai keanggotaan 2 juta pada himpunan penghasilan TINGGI adalah

$$\mu_{GAJITINGGI}[2\text{juta}] = 0,8$$

maka -predikat untuk usia MUDA atau berpenghasilan TINGGI adalah nilai keanggotaan maksimum :

$$\begin{aligned}\mu_{MUDA \cup GAJITINGGI} &= \max(MUDA[27], \\ &GAJITINGGI[2\text{juta}]) = \max (0,6 ; 0,8) \\ &= 0,8\end{aligned}$$



3. **Operasi NOT**, berhubungan dengan operasi *komplemen* pada himpunan, α predikat diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan dari 1.

Misal nilai keanggotaan umur 27 pada himpunan muda adalah $\mu_{MUDA}[27] = 0,6$ maka -predikat untuk usia TIDAK MUDA adalah :

$$\begin{aligned}\mu_{MUDA'}[27] &= 1 - \mu_{MUDA}[27] \\ &= 1 - 0,6 \\ &= 0,4\end{aligned}$$



Istilah-Istilah

- **Fuzzification:** definisi dari himpunan fuzzy dan penentuan derajat keanggotaan dari *crisp input* pada sebuah himpunan fuzzy
- **Inferensi:** evaluasi kaidah/aturan/rule fuzzy untuk menghasilkan output dari tiap rule
- **Composisi:** agregasi atau kombinasi dari keluaran semua rule
- **Defuzzification:** perhitungan *crisp output*

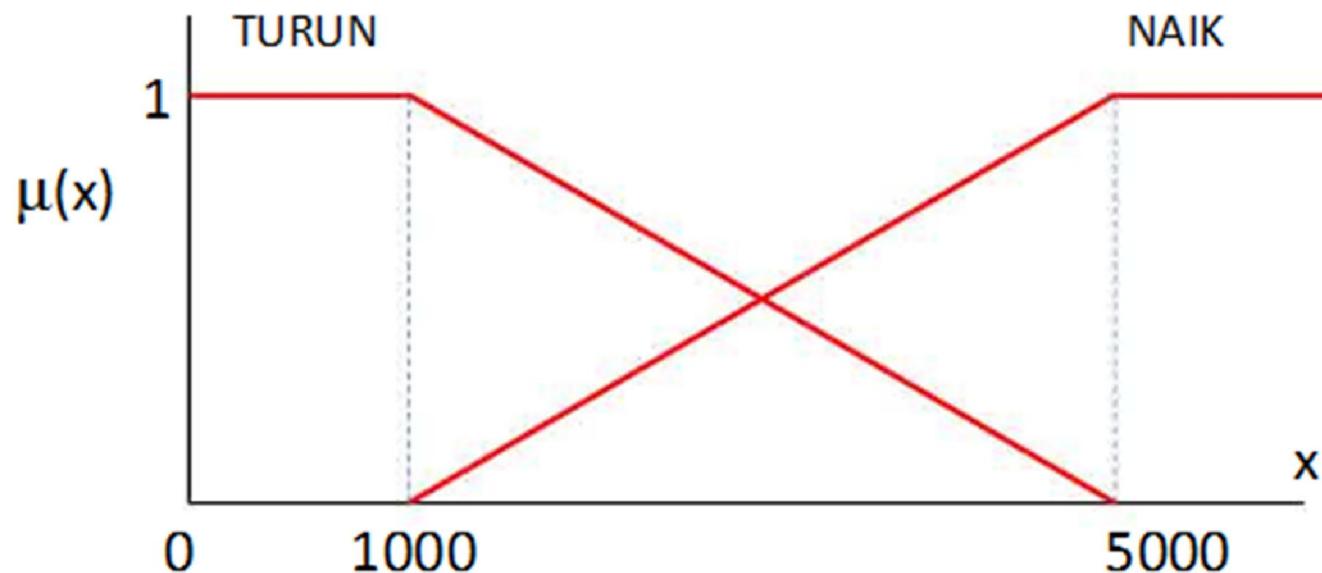


Contoh Soal

- Contoh persoalan
- Sebuah pabrik memproduksi sepatu setiap hari. Permintaan sepatu dari distributor tidak tentu, kadang naik dan kadang turun
- Permintaan tertinggi pernah mencapai 5000 pasang / hari, dan permintaan terkecil 1000 pasang/hari. Persediaan sepatu digudang juga bervariasi. Paling banyak angkanya mencapai 600 pasanga sehari, dan sedikitnya mencapai 100 pasang/hari.
- Gambarkan fungsi keanggotaan yang cocok untuk permintaan dan persediaan sepatu.



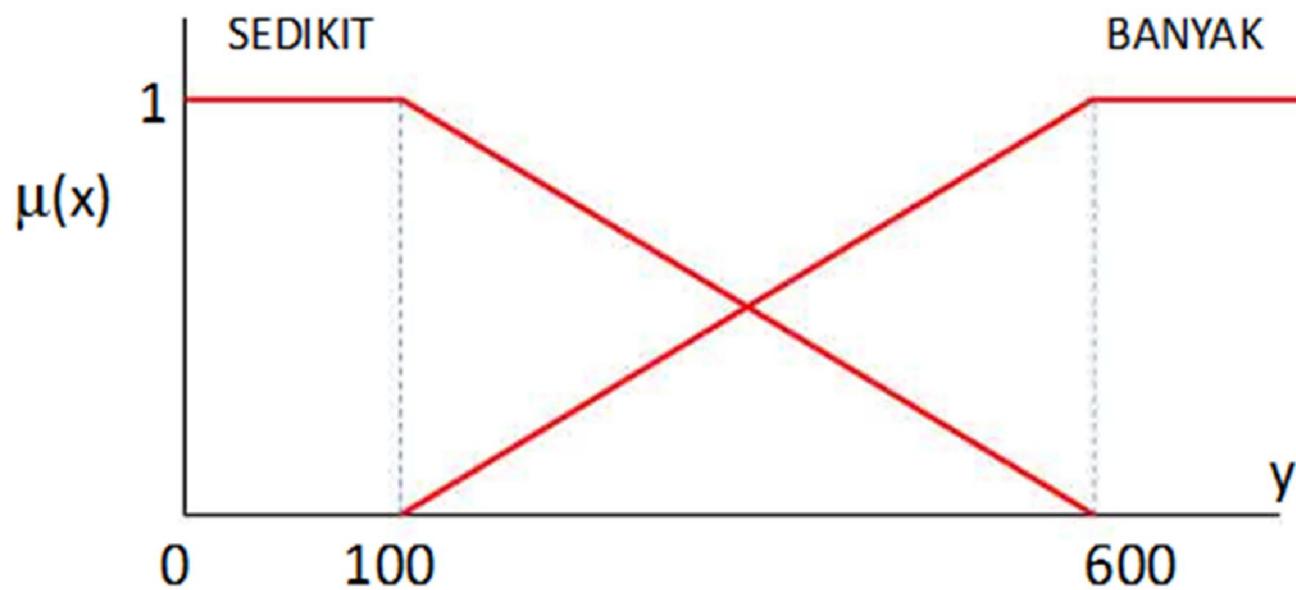
- Variabel *fuzzy*: permintaan dan persediaan
- Permintaan → ada 2 himpunan fuzzy: NAIK dan TURUN



$$\mu_{TURUN}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 1000 \\ \frac{5000-x}{4000}; & 1000 \leq x \leq 5000 \\ 0; & x \geq 5000 \end{cases} \quad \mu_{NAIK}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 1000 \\ \frac{x-1000}{4000}; & 1000 \leq x \leq 5000 \\ 1; & x \geq 5000 \end{cases}$$



- Persediaan → ada 2 himpunan fuzzy: BANYAK dan SEDIKIT



$$\mu_{SEDIKIT}(y) = \begin{cases} 1; & y \leq 100 \\ \frac{600-y}{500}; & 100 \leq y \leq 600 \\ 0; & y \geq 600 \end{cases}$$

$$\mu_{BANYAK}(y) = \begin{cases} 0; & y \leq 100 \\ \frac{y-100}{500}; & 100 \leq y \leq 600 \\ 1; & y \geq 600 \end{cases}$$



- Jika permintaan = 4000 pasang sepatu, maka

$$\mu_{NAIK}(4000) = \frac{4000 - 1000}{4000} = 0.75$$

$$\mu_{TURUN}(4000) = \frac{5000 - 4000}{4000} = 0.25$$



CONTOH LAIN

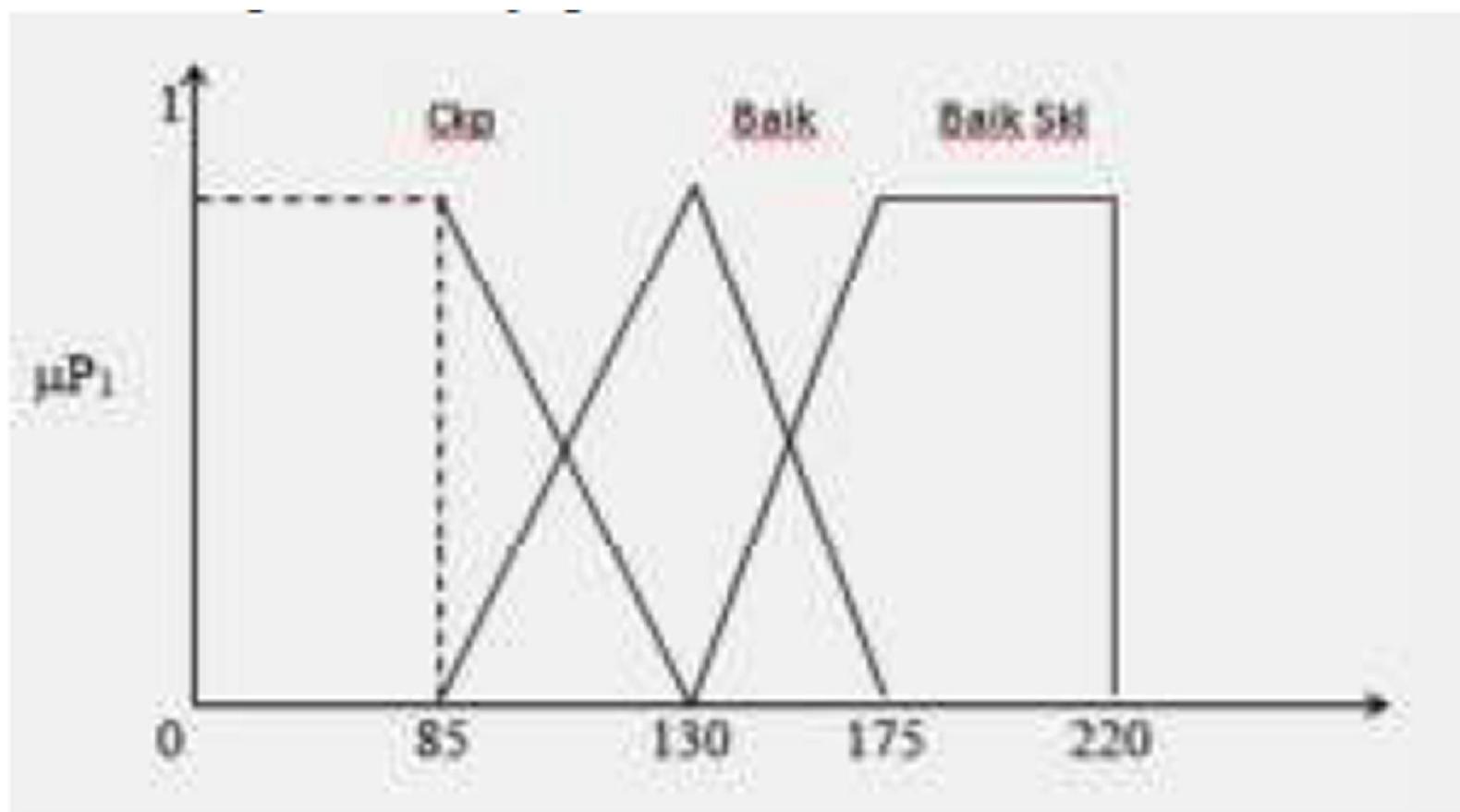
- Diandaikan akan dibuat suatu aplikasi yang digunakan untuk mengukur kompetensi Kepribadian dari seorang guru.
- Komponen Kompetensi Kepribadian yang digunakan, yaitu:
- P1 : Pengalaman Mengajar
- P2 : Penilaian dari atasan dan pengawas
- P3 : Pengurus organisasi di bidang kependidikan dan sosial
- P4 : Pengalaman menjadi pengurus organisasi tambahan
- P5 : Penghargaan yang relevan dengan bidang pendidikan
- Skor penilaian diberikan dengan skala A (Kurang Baik), B (Cukup), C (Baik Sekali).

- P1 : *Pengalaman mengajar.*
 Pengalaman mengajar adalah masa kerja sebagai guru pada jenjang, jenis, dan satuan pendidikan formal tertentu. Bukti fisik dari komponen pengalaman mengajar ini berupa keputusan, surat tugas, atau surat keterangan dari lembaga yang berwenang. Skor penilaian pengalaman mengajar diambil berdasarkan Sertifikasi Guru Dalam Jabatan Tahun 2010 seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tabel Pengalaman Mengajar

Pengalaman Mengajar	Skor
>31 tahun	220
29 - 31 tahun	205
26 - 28 tahun	190
23 - 25 tahun	175
20 - 22 tahun	160
17 - 19 tahun	145
14 - 16 tahun	130
11 - 13 tahun	115
8 - 10 tahun	100
5 - 7 tahun	85

- P_1 : Pengalaman mengajar. Pengalaman mengajar terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu:
 - Cukup : 85-130
 - Baik : 85-175
 - Baik Sekali : 130-220



- P2 : *Penilaian dari atasan dan pengawas.*
- Penilaian dari atasan dan pengawas adalah penilaian atasan terhadap kompetensi kepribadian dan sosial. Skor penilaian dari atasan diambil berdasarkan Sertifikasi Guru Dalam Jabatan Tahun 2010 seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Tabel Penilaian dari Atasan dan Pengawas

Bukti	Aspek yang dinilai	Skor maks
Dokumen hasil penilaian oleh atasan dan/atau pengawas tentang kompetensi kepribadian dan kompetensi sosial	1. Ketaatan menjalankan ajaran agama 2. Tanggung jawab 3. Kejujuran 4. Kedisiplinan 5. Keteladanan 6. Etos kerja 7. Inovasi dan kreativitas 8. Kemampuan menerima kritik dan saran 9. Kemampuan berkomunikasi 10. Kemampuan bekerja sama	5 5 5 5 5 5 5 5 5 5
	Jumlah	50

Keterangan :

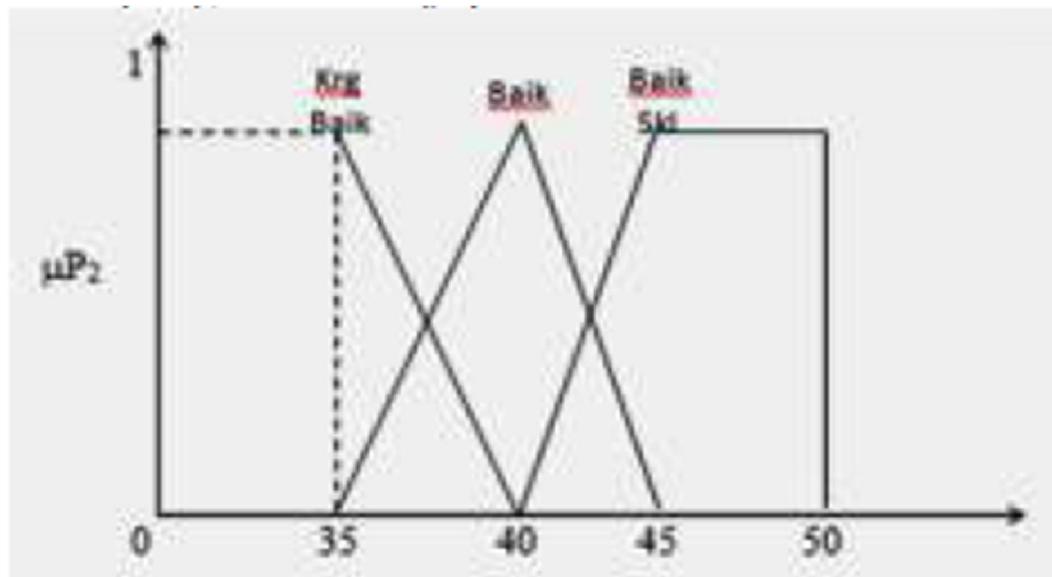
- Jika komponen ini dinilai oleh dua penilai, yaitu atasan dan pengawas, maka skor komponen ini adalah rerata dari keduanya.
- Dalam kondisi tertentu terkait faktor geografis, penilaian dapat dilakukan hanya oleh atasan.

Himpunan fuzzy yang dibentuk adalah :

Kurang Baik : 35-40

Baik : 35-45

Baik Sekali : 40-50



$$\mu_{KrgBalk}(P_2) = \begin{cases} 1 & P_2 = 35 \\ \frac{40 - P_2}{40 - 35} & 35 \leq P_2 \leq 40 \\ 0 & P_2 \geq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{Balk}(P_2) = \begin{cases} \frac{P_2 - 35}{40 - 35} & 35 \leq P_2 \leq 40 \\ \frac{45 - P_2}{45 - 40} & 40 \leq P_2 \leq 45 \\ 0 & P_2 \geq 45 \text{ atau } P_2 = 35 \end{cases}$$

$$\mu_{BalkSkl}(P_2) = \begin{cases} 0 & P_2 \leq 40 \\ \frac{P_2 - 40}{45 - 40} & 40 \leq P_2 \leq 45 \\ 1 & 45 \leq P_2 \leq 50 \end{cases}$$