



# Sistem Pendukung Keputusan dengan metode Fuzzy Tsukamoto

Endah Septa Sintiya,S.Pd,,M.Kom



# *Fuzzy Inference System(FIS)*

---

FIS yaitu kerangka kerja perhitungan berdasarkan konsep teori himpunan *fuzzy* dan pemikiran *fuzzy* yang digunakan *dalam penarikan kesimpulan atau suatu keputusan* (Kusumadewi,2006)

*Fuzzy Multi-Criteria Decision Making (FMCDM) yaitu metode ini akan membantu pengambil keputusan pada situasi dimana terdapat banyak kriteria dan beberapa alternatif.*

Logika fuzzy adalah salah satu cabang dari AI (*Artificial Intelligence*)

logika fuzzy telah digunakan pada lingkup domain permasalahan yang cukup luas, seperti kendali proses, klasifikasi dan pencocokan pola, manajemen dan ***pengambil keputusan***, riset operasi, ekonomi dan lain lain.



# Metode Tsukamoto

---

- ❖ Metode Tsukamoto yaitu metode perluasan dari penalaran monoton, output direpresentasikan dengan tegas(crisp) berdasarkan  $\alpha$  -predikat (*fire strenght*). Hasil akhir diperoleh menggunakan rata-rata terbobot.()
- ❖ Karakteristik: Konsekuen dari setiap aturan if-then fuzzy direpresentasikan dengan himpunan fuzzy monoton.



# Pengantar

---

- Operasi dari sistem pakar fuzzy tergantung dari eksekusi 4 fungsi utama:
- **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*

# Studi kasus SPK dengan Fuzzy Tsukamoto

Suatu perusahaan akan memproduksi powerbank jenis XZ.

Dari data 2 bulan terakhir, **permintaan terbesar mencapai 2000 buah/hari dan yang terkecil 500 buah/hari.**

**Persediaan di gudang, terbanyak mencapai 300 buah/hari, dan terkecil 100 buah/hari.**

Sampai saat ini, perusahaan mampu memproduksi maksimal 4000 buah/hari, dan untuk efisiensi mesin, minimal harus memproduksi 500 buah/hari. **Berapa powerbank jenis XZ yang harus diproduksi** bila permintaan (x) mencapai 1800 buah dan **persediaan di gudang (y) masih 250 kemasan.** apabila proses produksi menggunakan **4 aturan fuzzy** sebagai berikut:

[R1]	IF Permintaan TURUN And Persediaan BANYAK, THEN Produksi Barang BERKURANG
[R2]	IF Permintaan TURUN And Persediaan SEDIKIT, THEN Produksi Barang BERKURANG
[R3]	IF Permintaan NAIK And Persediaan BANYAK, THEN Produksi Barang BERTAMBAH
[R4]	IF Permintaan NAIK And Persediaan SEDIKIT, THEN Produksi Barang BERTAMBAH

Berdasarkan soal di atas, ada 3 variabel fuzzy yang akan dimodelkan, yaitu **permintaan, persediaan, dan kuota produksi.**

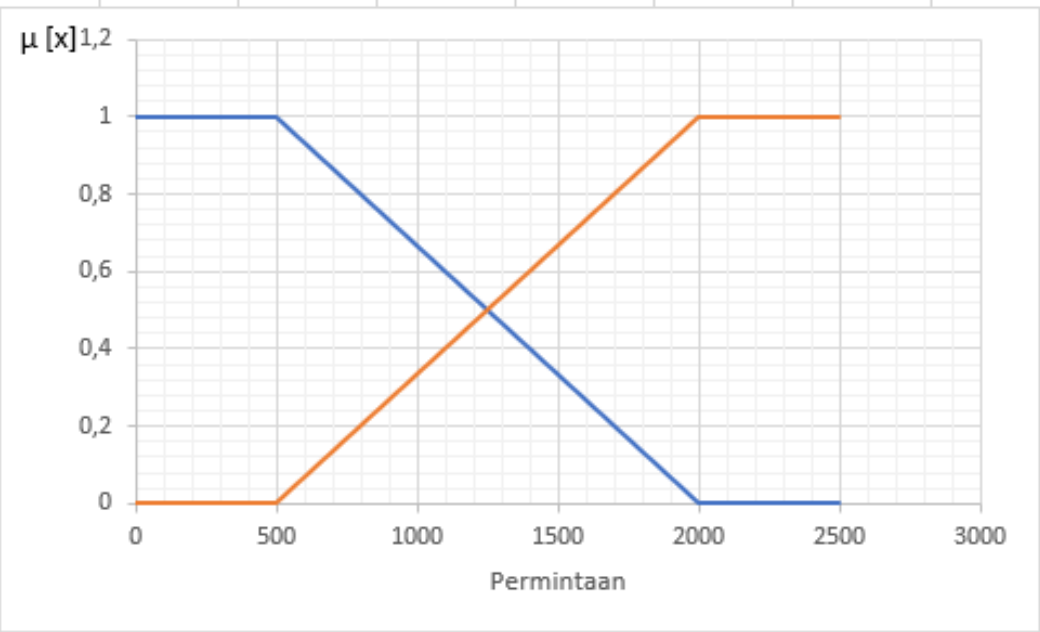


**PERMINTAAN**

# Langkah 1: Fuzzification (Mendefinisikan Variable Permintaan)

“permintaan terbesar mencapai 2000 buah/hari (max) dan yang terkecil 500 buah/hari (min)”

x	turun	naik
0	1	0
500	1	0
2000	0	1
2500	0	1



$$\mu_{\text{Pmt TURUN}}[X] = \begin{cases} 1 & X \leq X_{\min} \\ \frac{X_{\max} - X}{X_{\max} - X_{\min}}, & X_{\min} \leq X \leq X_{\max} \\ 0 & X \geq X_{\max} \end{cases}$$
$$\mu_{\text{Pmt NAIK}}[X] = \begin{cases} 0 & X \leq X_{\min} \\ \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, & X_{\min} \leq X \leq X_{\max} \\ 1 & X \geq X_{\max} \end{cases}$$

Permintaan TURUN:	
Permintaan	Derajat Keanggotaan
$x \leq 500$	1
$500 \leq x \leq 2000$	$(2000 - x) / (2000 - 500)$
$x \geq 2000$	0

Permintaan NAIK:	
Permintaan	Derajat Keanggotaan
$x \leq 500$	0
$500 \leq x \leq 2000$	$(x - 500) / (2000 - 500)$
$x \geq 2000$	1



# Langkah 1: Fuzzification (Mendefinisikan Variable Permintaan)

Permintaan terdiri atas 2 himpunan fuzzy, yaitu TURUN dan NAIK. Keduanya menggunakan fungsi keanggotaan kurva berbentuk bahu.

“permintaan terbesar mencapai 2000 buah/hari dan yang terkecil 500 buah/hari”

Permintaan TURUN:		Permintaan NAIK:	
Permintaan	Derajat Keanggotaan	Permintaan	Derajat Keanggotaan
$x \leq 500$	1	$x \leq 500$	0
$500 \leq x \leq 2000$	$(2000 - x) / (2000 - 500)$	$500 \leq x \leq 2000$	$(x - 500) / (2000 - 500)$
$x \geq 2000$	0	$x \geq 2000$	1

Diketahui permintaan (x) mencapai 1800, maka:

$\mu_{\text{PM TURUN}}(1800) =$	0,133333	$\leftarrow$	$= (2000 - 1800) / (2000 - 500)$
$\mu_{\text{PM NAIK}}(1800) =$	0,866667	$\leftarrow$	$= (1800 - 500) / (2000 - 500)$



# Langkah 1: Fuzzification (Mendefinisikan Variable Permintaan)

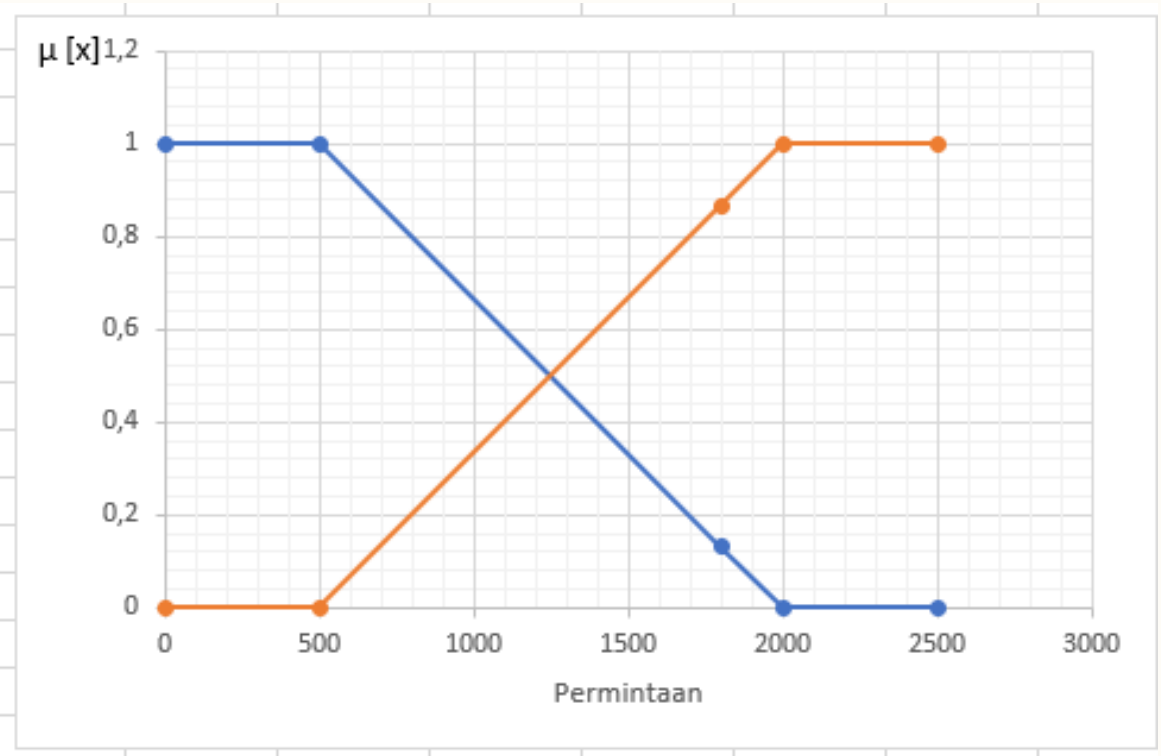
“Berapa powerbank jenis XZ yang harus diproduksi bila permintaan (x) mencapai 1800 buah?”

Diketahui permintaan (x) mencapai 1800, maka:

$$\mu_{\text{PMTTURUN}}(1800) = 0,133333$$

$$\mu_{\text{PMTNAIK}}(1800) = 0,866667$$

x	turun	naik
0	1	0
500	1	0
1800	0,13	0,867
2000	0	1
2500	0	1



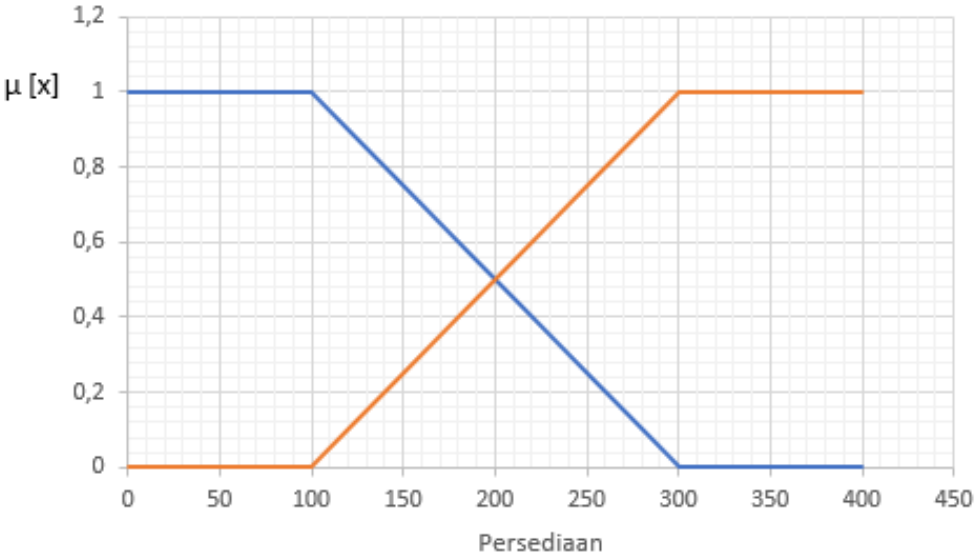


# **PERSEDIAAN**

# Langkah 1: Fuzzification (Mendefinisikan Variable Persediaan)

“Persediaan di gudang, terbanyak mencapai 300 buah/hari(max), dan terkecil 100 buah/hari(min)”

x	sedikit	banyak
0	1	0
100	1	0
300	0	1
400	0	1



$$\mu_{\text{Psd SEDIKIT}}[Y] = \begin{cases} 1 & Y \leq Y_{\min} \\ \frac{Y_{\max} - Y}{Y_{\max} - Y_{\min}} & Y_{\min} \leq Y \leq Y_{\max} \\ 0 & Y \geq Y_{\max} \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Psd BANYAK}}[Y] = \begin{cases} 0 & Y \leq Y_{\min} \\ \frac{Y - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}} & Y_{\min} \leq Y \leq Y_{\max} \\ 1 & Y \geq Y_{\max} \end{cases}$$

Persediaan SEDIKIT	
Persediaan	Derajat Keanggotaan
$y \leq 100$	1
$100 \leq y \leq 300$	$(300 - y) / (300 - 100)$
$y \geq 300$	0

Persediaan BANYAK	
Persediaan	Derajat Keanggotaan
$y \leq 100$	0
$100 \leq y \leq 300$	$(y - 100) / (300 - 100)$
$y \geq 300$	1

# Langkah 1: Fuzzification (Mendefinisikan variable persediaan)

**Persediaan** terdiri atas 2 himpunan fuzzy, yaitu SEDIKIT dan BANYAK. Keduanya menggunakan fungsi keanggotaan kurva berbentuk bahu.

Persediaan SEDIKIT			Persediaan BANYAK	
Persediaan	Derajat Keanggotaan		Persediaan	Derajat Keanggotaan
$y \leq 100$	1		$y \leq 100$	0
$100 \leq y \leq 300$	$(300 - y) / (300 - 100)$		$100 \leq y \leq 300$	$(y - 100) / (300 - 100)$
$y \geq 300$	0		$y \geq 300$	1

Diketahui persediaan (y) mencapai 250, maka:

$\mu_{\text{PSDSEDIKIT}}(250) =$	0,25	$\leftarrow$	$= (300 - 250) / (300 - 100)$
$\mu_{\text{PSD BANYAK}}(250) =$	0,75	$\leftarrow$	$= (250 - 100) / (300 - 100)$

# Langkah 1: Fuzzification (Mendefinisikan Variable Persediaan)

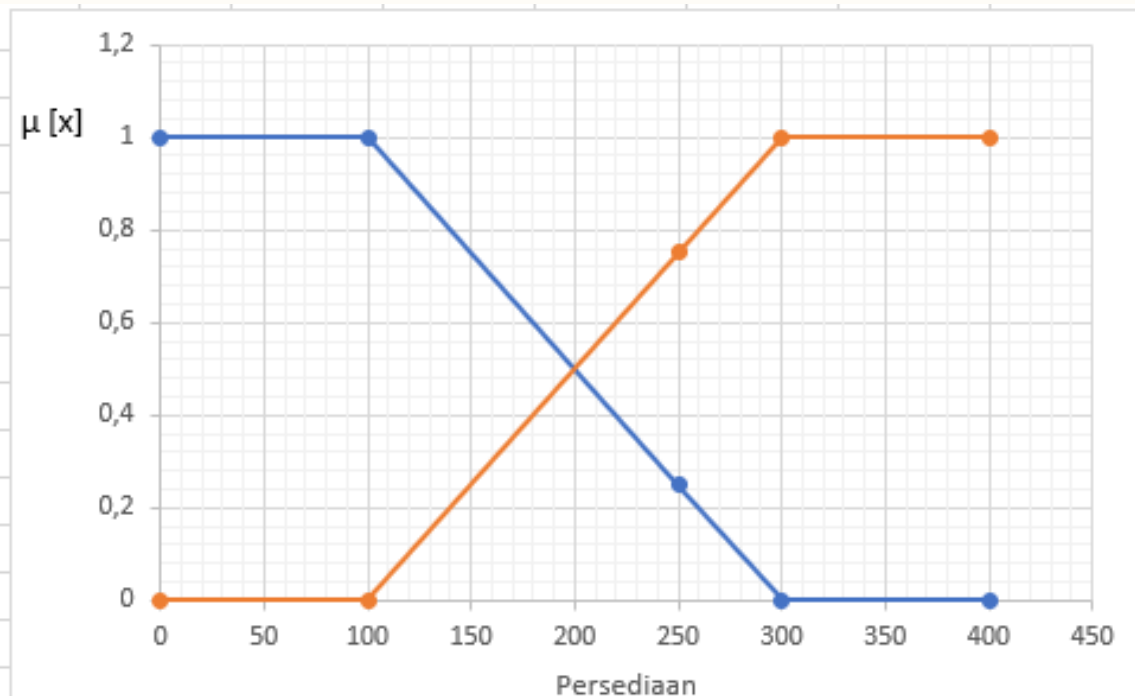
“persediaan di gudang (y) masih **250** kemasan”

Diketahui persediaan (y) mencapai 250, maka:

$$\mu_{\text{PSDSEDIKIT}}(250) = 0,25$$

$$\mu_{\text{PSDBANYAK}}(250) = 0,75$$

x	sedikit	banyak
0	1	0
100	1	0
250	0,25	0,75
300	0	1
400	0	1





**PRODUKSI**

# Langkah 1: Fuzzification (Mendefinisikan variable kuota produksi)

Kuota produksi terdiri atas 2 himpunan fuzzy, yaitu BERKURANG dan BERTAMBAH. Keduanya menggunakan fungsi keanggotaan kurva berbentuk bahu.

perusahaan mampu memproduksi **maksimal 4000 buah/hari**, minimal harus produksi **500 buah/hari(min)**

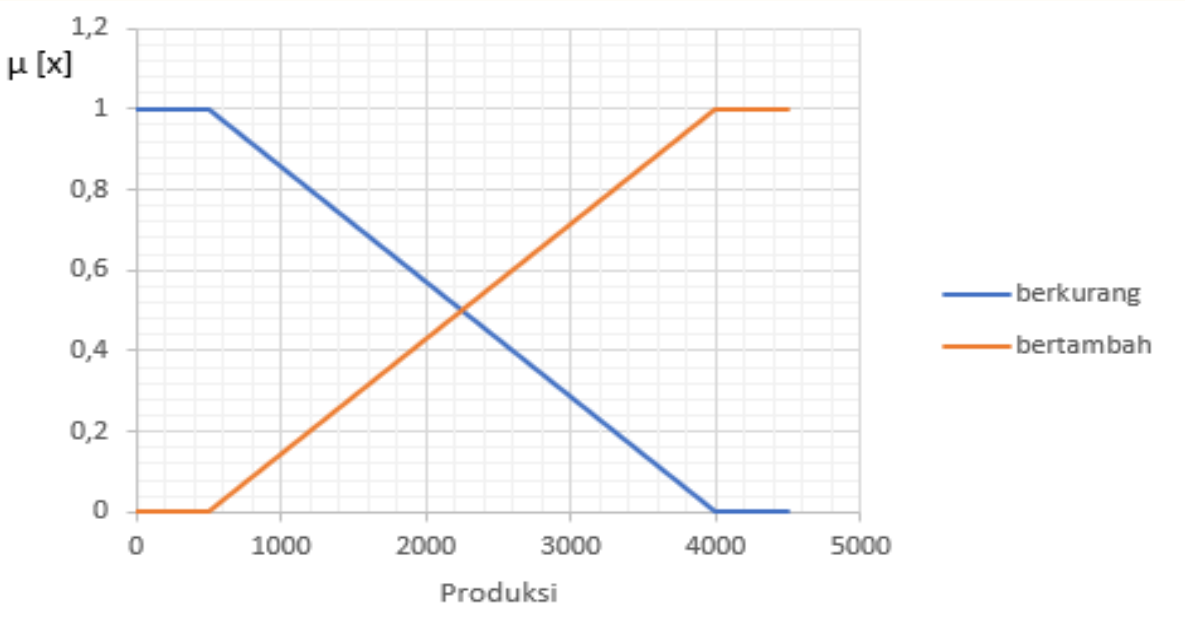
$$\frac{Z_{max} - Z}{Z_{max} - Z_{min}} = \alpha_1$$

Kuota Produksi BERKURANG:	
Permintaan	Derajat Keanggotaan
$z \leq 500$	1
$500 < z <= 4000$	$(4000 - z) / (4000 - 500)$
$z >= 4000$	0

Kuota Produksi BERTAMBAH:	
Permintaan	Derajat Keanggotaan
$z \leq 500$	0
$500 < z <= 4000$	$(z - 500) / (4000 - 500)$
$z >= 4000$	1

$$\frac{Z - Z_{min}}{Z_{max} - Z_{min}} = \alpha_3$$

x	berkurang	bertambah
0	1	0
500	1	0
4000	0	1
4500	0	1



Z= adalah berapa jumlah yang di produksi perusahaan ?



## Langkah 2 : INFERENSI/ RULE

Dari uraian sebelumnya terbentuk 3 himpunan fuzzy yaitu :

1. permintaan TURUN, permintaan NAIK,
2. persediaan SEDIKIT, persediaan BANYAK,
3. Produksi BERKURANG, produksi BERTAMBAH.

Diperoleh 4 aturan/rule fuzzy sebagai berikut :

[R1]	IF Permintaan TURUN And Persediaan BANYAK, THEN Produksi Barang BERKURANG
[R2]	IF Permintaan TURUN And Persediaan SEDIKIT, THEN Produksi Barang BERKURANG
[R3]	IF Permintaan NAIK And Persediaan BANYAK, THEN Produksi Barang BERTAMBAH
[R4]	IF Permintaan NAIK And Persediaan SEDIKIT, THEN Produksi Barang BERTAMBAH

# Langkah 3: komposisi (produksi berkurang [R1])

Berdasarkan 4 aturan/rule fuzzy sebelumnya, maka ditentukan nilai  $\alpha$  dan  $z$  untuk masing-masing aturan. Langkah-langkah untuk mengkonversi empat aturan tersebut sehingga diperoleh nilai dari  $\alpha$  dan  $z$  dari setiap aturan.

perusahaan mampu memproduksi **maksimal 4000 buah/hari**, minimal harus produksi **500 buah/hari(min)**

**[R1] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan BANYAK, MAKA Produksi Barang BERKURANG;** (Karena aturan fuzzy menggunakan operator **AND**, maka nilai  $\alpha$ -Predikat1 adalah yang **minimal**)

$$\begin{aligned} \alpha\text{-Predikat1} &= \mu_{\text{PMTTURUN}}[x] \cap \mu_{\text{PSDBANYAK}}[y] \\ &= \min(\mu_{\text{PMTTURUN}}[x], \mu_{\text{PSDBANYAK}}[y]) \\ &= \min(\mu_{\text{PMTTURUN}}[1800], \mu_{\text{PSDBANYAK}}[250]) \\ &= \min(0.13333, 0.75) = 0.13333 \end{aligned}$$

Diketahui permintaan (x) mencapai 1800,		
$\mu_{\text{PMTTURUN}}(1800) =$	0,133333	
$\mu_{\text{PMTNAIK}}(1800) =$	0,866667	
Diketahui persediaan (y) mencapai 250,		
$\mu_{\text{PSDSEDIKIT}}(250) =$	0,25	
$\mu_{\text{PSDBANYAK}}(250) =$	0,75	

Menurut fungsi keanggotaan himpunan Produksi Barang **BERKURANG** pada persamaan di atas maka diperoleh persamaan berikut

$$\frac{Z_{\text{max}} - Z_1}{Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}}} = \alpha_1$$

$$Z_1 = Z_{\text{max}} - \alpha_1 (Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}})$$

$$Z_1 = 4000 - (0,13333 * (4000 - 500))$$

$$Z_1 = 4000 - 467$$

$$Z_1 = 3533$$

# Langkah 3: komposisi (produksi berkurang [R2])

Berdasarkan 4 aturan/rule fuzzy sebelumnya, maka ditentukan nilai  $\alpha$  dan  $z$  untuk masing-masing aturan. Langkah-langkah untuk mengkonversi empat aturan tersebut sehingga diperoleh nilai dari  $\alpha$  dan  $z$  dari setiap aturan.

perusahaan mampu memproduksi **maksimal 4000 buah/hari**, minimal harus produksi **500 buah/hari(min)**

**[R2] JIKA Permintaan TURUN, dan Persediaan SEDIKIT , MAKA Produksi Barang BERKURANG;** (Karena aturan fuzzy menggunakan operator **AND**, maka nilai  $\alpha$ -Predikat1 adalah yang **minimal**)

$$\begin{aligned} \alpha\text{-Predikat1} &= \mu_{\text{PMTTURUN}}[x] \cap \mu_{\text{PSDSEDIKIT}}[y] \\ &= \min(\mu_{\text{PMTTURUN}}[x], \mu_{\text{PSDSEDIKIT}}[y]) \\ &= \min(\mu_{\text{PMTTURUN}}[1800], \mu_{\text{PSDSEDIKIT}}[250]) \\ &= \min(0.13333, 0.25) = 0.13333 \end{aligned}$$

Diketahui permintaan (x) mencapai 1800,		
$\mu_{\text{PMTTURUN}}(1800) =$	0,133333	
$\mu_{\text{PMTNAIK}}(1800) =$	0,866667	
Diketahui persediaan (y) mencapai 250,		
$\mu_{\text{PSDSEDIKIT}}(250) =$	0,25	
$\mu_{\text{PSDBANYAK}}(250) =$	0,75	

Menurut fungsi keanggotaan himpunan Produksi Barang **BERKURANG** pada persamaan di atas maka diperoleh persamaan berikut

$$\frac{Z_{\text{max}} - Z_2}{Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}}} = \alpha_2$$

$$\begin{aligned} Z_2 &= Z_{\text{max}} - \alpha_2 (Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}}) \\ Z_2 &= 4000 - (0,13333 * (4000 - 500)) \\ Z_2 &= 4000 - 467 \\ Z_2 &= 3533 \end{aligned}$$

# Langkah 3: komposisi (produksi bertambah [R3])

Berdasarkan 4 aturan/rule fuzzy sebelumnya, maka ditentukan nilai  $\alpha$  dan  $z$  untuk masing-masing aturan. Langkah-langkah untuk mengkonversi empat aturan tersebut sehingga diperoleh nilai dari  $\alpha$  dan  $z$  dari setiap aturan.

perusahaan mampu memproduksi **maksimal 4000 buah/hari**, minimal harus produksi **500 buah/hari(min)**

**[R3] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan BANYAK, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;**  
(Karena aturan fuzzy menggunakan operator **AND**, maka nilai  $\alpha$ -Predikat1 adalah yang **minimal**)

$$\begin{aligned}\alpha\text{-Predikat3} &= \mu_{\text{PMTNAIK}}[x] \cap \mu_{\text{PSDBANYAK}}[y] \\ &= \min(\mu_{\text{PMTNAIK}}[x], \mu_{\text{PSDBANYAK}}[y]) \\ &= \min(\mu_{\text{PMTNAIK}}[1800], \mu_{\text{PSDBANYAK}}[250]) \\ &= \min(0,866667, 0.75) = 0.75\end{aligned}$$

Diketahui permintaan (x) mencapai 1800,		
$\mu_{\text{PMTTURUN}}(1800) =$	0,133333	
$\mu_{\text{PMTNAIK}}(1800) =$	0,866667	
Diketahui persediaan (y) mencapai 250,		
$\mu_{\text{PSDSEDIKIT}}(250) =$	0,25	
$\mu_{\text{PSDBANYAK}}(250) =$	0,75	

Menurut fungsi keanggotaan himpunan Produksi Barang **BERTAMBAH** pada persamaan di atas maka diperoleh persamaan berikut

$$\frac{Z3 - Z_{min}}{Z_{max} - Z_{min}} = \alpha 3$$

$$Z3 = \alpha 3 (Z_{max} - Z_{min}) + Z_{min}$$

$$\begin{aligned}Z3 &= (0,75 * (4000 - 500)) + 500 \\ Z3 &= 2625 + 500 \\ Z3 &= 3125\end{aligned}$$

# Langkah 3: komposisi (produksi bertambah [R4])

Berdasarkan 4 aturan/rule fuzzy sebelumnya, maka ditentukan nilai  $\alpha$  dan  $z$  untuk masing-masing aturan. Langkah-langkah untuk mengkonversi empat aturan tersebut sehingga diperoleh nilai dari  $\alpha$  dan  $z$  dari setiap aturan.

perusahaan mampu memproduksi **maksimal 4000 buah/hari**, minimal harus produksi **500 buah/hari(min)**

[R3] JIKA Permintaan NAIK, dan Persediaan SEDIKIT, MAKA Produksi Barang BERTAMBAH;  
(Karena aturan fuzzy menggunakan operator AND, maka nilai  $\alpha$ -Predikat1 adalah yang minimal)

$$\begin{aligned}\alpha\text{-Predikat3} &= \mu_{\text{PMTNAIK}}[x] \cap \mu_{\text{PSDSEDIKIT}}[y] \\ &= \min(\mu_{\text{PMTNAIK}}[x], \mu_{\text{PSDSEDIKIT}}[y]) \\ &= \min(\mu_{\text{PMTNAIK}}[1800], \mu_{\text{PSDSEDIKIT}}[250]) \\ &= \min(0,866667, 0.25) = 0.25\end{aligned}$$

Diketahui permintaan (x) mencapai 1800,		
$\mu_{\text{PMTTURUN}}(1800) =$	0,133333	
$\mu_{\text{PMTNAIK}}(1800) =$	0,866667	
Diketahui persediaan (y) mencapai 250,		
$\mu_{\text{PSDSEDIKIT}}(250) =$	0,25	
$\mu_{\text{PSDBANYAK}}(250) =$	0,75	

Menurut fungsi keanggotaan himpunan Produksi Barang **BERTAMBAH** pada persamaan di atas maka diperoleh persamaan berikut

$$\frac{Z_4 - Z_{\min}}{Z_{\max} - Z_{\min}} = \alpha_4$$

$$Z_4 = \alpha_4 (Z_{\max} - Z_{\min}) + Z_{\min}$$
$$Z_4 = (0,25 * (4000 - 500)) + 500$$
$$Z_4 = 875 + 500$$
$$Z_4 = 1375$$

## Langkah 3: RANGKUMAN komposisi

[R1]	IF Permintaan TURUN And Persediaan BANYAK, THEN Produksi Barang BERKURANG						
	$\alpha\text{-Predikat1} = \mu_{\text{PMTTURUN}} \cap \mu_{\text{PSDBANYAK}}$			$(4000-z)/(4000-500) = 0,13333$			
	$\alpha\text{-Predikat1} =$	$\min(\mu_{\text{PMTTURUN}}, \mu_{\text{PSDBANYAK}})$	0,133333333		$z1 =$	3533	
[R2]	IF Permintaan TURUN And Persediaan SEDIKIT, THEN Produksi Barang BERKURANG						
	$\alpha\text{-Predikat2} = \mu_{\text{PMTTURUN}} \cap \mu_{\text{PSDSEDIKIT}}$			$(4000-z)/(4000-500) = 0,13333$			
	$\alpha\text{-Predikat2} =$	$\min(\mu_{\text{PMTTURUN}}, \mu_{\text{PSDSEDIKIT}})$	0,133333333		$z2 =$	3533	
[R3]	IF Permintaan NAIK And Persediaan BANYAK, THEN Produksi Barang BERTAMBAH						
	$\alpha\text{-Predikat3} = \mu_{\text{PMTNAIK}} \cap \mu_{\text{PSDBANYAK}}$			$(z-500)/(4000-500) = 0,75$			
	$\alpha\text{-Predikat3} =$	$\min(\mu_{\text{PMTNAIK}}, \mu_{\text{PSDBANYAK}}) =$	0,75		$z3 =$	3125	
[R4]	IF Permintaan NAIK And Persediaan SEDIKIT, THEN Produksi Barang BERTAMBAH						
	$\alpha\text{-Predikat4} = \mu_{\text{PMTNAIK}} \cap \mu_{\text{PSDSEDIKIT}}$			$(z-500)/(4000-500) = 0,25$			
	$\alpha\text{-Predikat4} =$	$\min(\mu_{\text{PMTNAIK}}, \mu_{\text{PSDSEDIKIT}}) =$	0,25		$z4 =$	1375	



## Langkah 4 : Defuzzification

Pada metode tsukamoto, untuk menentukan output crisp, digunakan defuzzifikasi rata-rata terpusat, yaitu :

**Berapa powerbank jenis XZ yang harus diproduksi** bila permintaan (x) mencapai 1800 buah dan **persediaan di gudang (y) masih 250 kemasan ?**

$$Z = \frac{\alpha_{pred_1} * Z_1 + \alpha_{pred_2} * Z_2 + \alpha_{pred_3} * Z_3 + \alpha_{pred_4} * Z_4}{\alpha_{pred_1} + \alpha_{pred_2} + \alpha_{pred_3} + \alpha_{pred_4}}$$

ATAU

$$Z = \frac{\alpha_1 * z_1 + \alpha_2 * z_2 + \alpha_3 * z_3 + \alpha_4 * z_4}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}$$

$$Z = \frac{((0,1333 * 3533) + (0,1333 * 3533) + (0,75 * 3125) + (0,25 * 1375))}{(0,1333 + 0,1333 + 0,75 + 0,25)}$$

$$Z = \frac{3630}{1,2267}$$

$$Z = \mathbf{2866}$$

Jadi jumlah power bank jenis XZ yang maksimal bisa diproduksi menurut Metode Tsukamoto adalah **2866** buah power bank.





# TUGAS

---

1. Buatlah file excel dan kurva dari file pdf (tugas fuzzy tsukamoto.pdf)

**“PERHITUNGAN MANUAL MENENTUKAN JUMLAH PRODUKSI KALENG DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO” !**

2. Buatlah file excel dari satu jurnal/paper yang Anda temukan terkait dengan sistem pendukung keputusan menggunakan metode fuzzyTsukamoto !