

BAB III

METODE *FUZZY* MAMDANI

Fuzzy Inference System merupakan sebuah kerangka kerja perhitungan berdasarkan konsep teori himpunan *fuzzy* dan pemikiran *fuzzy* yang digunakan dalam penarikan kesimpulan atau suatu keputusan (Kusumadewi, 2006). Penarikan kesimpulan ini diperoleh dari sekumpulan kaidah *fuzzy*, di dalam *Fuzzy Inference System* minimal harus terdapat dua buah kaidah *fuzzy*. *Fuzzy Inference System* terbagi menjadi dua metode, yaitu Metode Sugeno dan Metode *Fuzzy Mamdani*.

Perbedaan dari kedua metode ini terletak pada *output* yang dihasilkan, proses komposisi aturan dan defuzzifikasinya. Pada Metode Sugeno, *output* yang dihasilkan berupa fungsi linear atau konstanta. *Output* ini berbeda dengan yang dihasilkan oleh Metode *Fuzzy Mamdani*, dimana metode ini menghasilkan *output* berupa suatu nilai pada domain himpunan *fuzzy* yang dikategorikan ke dalam komponen linguistik. Kelemahan dari *output* berupa fungsi linear atau konstanta adalah nilai *output* yang dihasilkan harus sesuai dengan nilai yang telah ditentukan, hal ini timbul masalah apabila nilai *output* tidak sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. *Output* ini dapat dikatakan benar apabila dapat menyajikan *output* yang ditentukan oleh antesenden (Salman, 2010). Oleh karena itu, Metode *Fuzzy Mamdani* lebih akurat dalam menghasilkan suatu *output* berupa himpunan *fuzzy*.

3.1 Metode *Fuzzy Mamdani*

Metode *Fuzzy Mamdani* merupakan salah satu bagian dari *Fuzzy Inference System* yang berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti (Bova, 2010). Metode *Fuzzy Mamdani* diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode *Fuzzy Mamdani* dalam prosesnya menggunakan kaedah-kaedah linguistik dan memiliki algoritma *fuzzy* yang dapat dianalisis secara matematika, sehingga lebih mudah dipahami (McNeill, 1994).

Proses pengambilan keputusan dengan menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* untuk memperoleh keputusan yang terbaik, dilakukan dengan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan *fuzzy*; aplikasi fungsi implikasi; komposisi aturan; defuzzifikasi (Ebrahim Mamdani, 1975). Kelebihan pada Metode *Fuzzy Mamdani* adalah lebih spesifik, artinya dalam prosesnya Metode *Fuzzy Mamdani* lebih memperhatikan kondisi yang akan terjadi untuk setiap daerah *fuzzynya*, sehingga menghasilkan hasil keputusan yang lebih akurat (Bova, 2010). Selain itu juga, metode ini lebih cocok apabila input diterima dari manusia, sehingga lebih diterima oleh banyak pihak. Adapun kelemahan dari Metode *Fuzzy Mamdani* adalah metode ini hanya dapat digunakan untuk data dalam bentuk kuantitatif saja, tidak dapat dipergunakan untuk data yang berbentuk kualitatif (Salman, 2010).

Metode *Fuzzy Mamdani* merupakan metode dalam penarikan kesimpulan yang paling mudah dimengerti oleh manusia, karena paling sesuai dengan naluri manusia. Sehingga dengan menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* akan menghasilkan keputusan terbaik untuk suatu permasalahan (Salman, 2010). Dibandingkan dengan metode lain dari *Fuzzy Inference System*, yaitu Metode Sugeno, metode tersebut tidak melalui proses komposisi aturan dan defuzzifikasi dengan Metode *Centroid*. Proses tersebut berguna untuk mengetahui nilai *output* dari pusat daerah *fuzzy*. Selain itu, Metode *Fuzzy Mamdani* lebih memperhatikan kondisi setiap daerah *fuzzynya*, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat. Pada Metode *Fuzzy Mamdani output* yang dihasilkan berupa suatu nilai pada domain himpunan *fuzzy* yang dikategorikan ke dalam komponen linguistik, sedangkan pada Metode Sugeno *output* yang dihasilkan berupa fungsi linear atau konstanta. Kelemahan dari *output* berupa fungsi linear atau konstanta adalah nilai *output* yang dihasilkan harus sesuai dengan nilai yang telah ditentukan, hal ini timbul masalah apabila nilai *output* tidak sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. *Output* ini dapat dikatakan benar apabila dapat menyajikan *output* yang ditentukan oleh antesenden (Salman, 2010).

3.2 Prosedur Metode *Fuzzy Mamdani*

Seperti telah dikemukakan pada subbab sebelumnya bahwa proses pengambilan kesimpulan atau keputusan dengan menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan *fuzzy*; aplikasi fungsi implikasi; komposisi aturan; defuzzifikasi (Ebrahim Mamdani, 1975).

3.2.1 Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Tahap pertama dari prosedur Metode *Fuzzy Mamdani* adalah pembentukan himpunan *fuzzy* atau dikenal pula dengan istilah fuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan proses yang dilakukan dengan mengtransformasi *input* himpunan tegas (*crisp*) ke dalam himpunan *fuzzy* (Ross, 2010). Hal ini dilakukan karena *input* yang digunakan awalnya adalah dalam bilangan tegas (*real*) dari suatu himpunan tegas (*crisp*). Himpunan *fuzzy* ini didasarkan pada tingkatan linguistiknya yang dikelompokkan dalam suatu variabel *fuzzy*. Sebagai ilustrasi, untuk variabel *fuzzy* berat badan mempunyai himpunan *fuzzy* sebagai berikut: kurus, sedang, dan gemuk.

Pada setiap himpunan *fuzzy* tersebut ditentukan domain dan fungsi keanggotaan yang berikutnya digunakan untuk menentukan nilai keanggotaan setiap himpunan *fuzzy* berdasarkan variabel inputnya yang merupakan bilangan *real*, dimana nilai keanggotaan tersebut terletak pada interval $[0,1]$. Pada Metode *Fuzzy Mamdani* ini fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi keanggotaan trapesium, fungsi keanggotaan segitiga dan fungsi keanggotaan bahu kiri atau kanan. Hal ini dikarenakan pada fungsi keanggotaan trapesium terdapat dua titik dari himpunan *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan satu. Apabila hanya terdapat satu titik dari himpunan *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan satu, maka digunakan fungsi keanggotaan segitiga. Fungsi keanggotaan bahu kiri atau kanan digunakan untuk mengawali dan mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*.

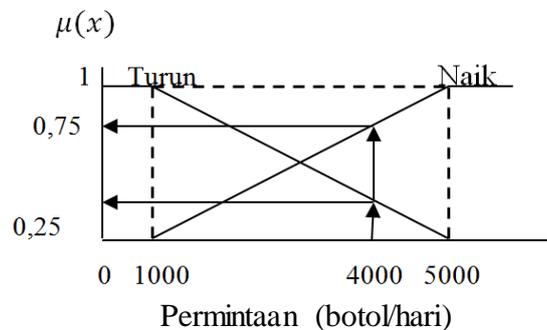
Ilustrasi 3.2.1:

Misalkan, suatu perusahaan akan memproduksi suatu produk minuman A. Berdasarkan data 1 tahun terakhir, permintaan konsumen terbesar mencapai 5000 botol/hari, dan permintaan konsumen terkecil mencapai 1000 botol/hari. Persediaan barang di gudang penyimpanan terbanyak mencapai 600 botol/hari, dan terkecil mencapai 100 botol/hari. Perusahaan hanya mampu memproduksi barang maksimum 7000 botol/hari, dan untuk efisiensi mesin dan SDM, perusahaan harus memproduksi setidaknya 2000 botol/hari. Berapa botol minuman A yang harus diproduksi, apabila jumlah permintaan konsumen adalah 4000 botol, dan persediaan gudang masih 300 botol.

Berdasarkan penjelasan ilustrasi kasus (3.2.1), akan dilakukan penentuan keputusan banyaknya botol minuman A yang harus diproduksi. Variabel *fuzzy* yang digunakan adalah permintaan, persediaan dan produksi.

- Variabel *fuzzy* permintaan

Pada ilustrasi kasus (3.2.1) variabel *fuzzy* permintaan terdiri atas 2 (dua) himpunan *fuzzy*, yaitu naik dan turun seperti yang tergambar pada Gambar (3.1).



Gambar 3.1 Fungsi Keanggotaan Variabel Permintaan

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

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

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

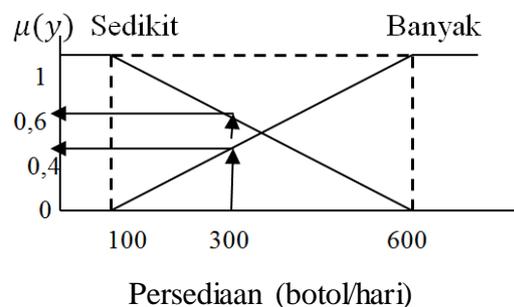
Diketahui bahwa jumlah permintaan konsumen adalah 4000 botol, maka diperoleh nilai keanggotannya adalah:

$$\mu_{pmtTurun}(4000) = \frac{5000 - 4000}{4000} = 0,25$$

$$\mu_{pmtNaik}(4000) = \frac{4000 - 1000}{4000} = 0,75$$

- Variabel *fuzzy* persediaan

Pada ilustrasi kasus (3.2.1) variabel *fuzzy* persediaan terdiri atas 2 (dua) himpunan *fuzzy*, yaitu sedikit dan banyak seperti yang tergambar pada Gambar (3.2).



Gambar 3.2 Fungsi Keanggotaan Variabel Persediaan

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{psdSedikit}(y) = \begin{cases} 1 & ; y \leq 100 \\ \frac{600-y}{500} & ; 1000 \leq y \leq 600 \\ 0 & ; y \geq 600 \end{cases}$$

$$\mu_{psdBanyak}(y) = \begin{cases} 0 & ; y \leq 100 \\ \frac{y-100}{4000} & ; 100 \leq y \leq 600 \\ 1 & ; y \geq 600 \end{cases}$$

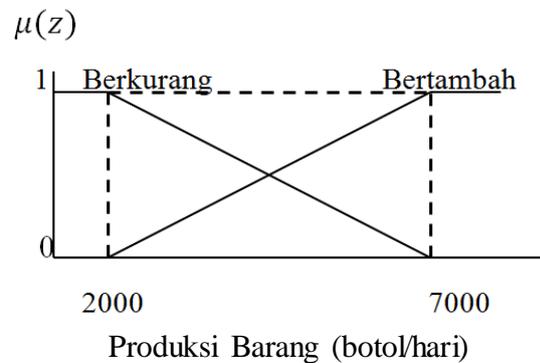
Diketahui bahwa jumlah persediaan di gudang adalah 300 botol, maka diperoleh nilai keanggotannya adalah:

$$\mu_{psdSedikit}(300) = \frac{600 - 300}{500} = 0,6$$

$$\mu_{psdBanyak}(300) = \frac{300 - 100}{500} = 0,4$$

- Variabel *fuzzy* produksi

Pada ilustrasi kasus (3.2.1) variabel *fuzzy* persediaan terdiri atas 2 (dua) himpunan *fuzzy*, yaitu berkurang dan bertambah seperti yang tergambar pada Gambar (3.3).



Gambar 3.3 Fungsi Keanggotaan Variabel Produksi Barang

Dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{\text{proBerkurang}}(z) = \begin{cases} 1; & z \leq 2000 \\ \frac{7000-z}{5000}; & 2000 \leq z \leq 7000 \\ 0; & z \geq 7000 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{proBertambah}}(z) = \begin{cases} 0; & z \leq 2000 \\ \frac{z-2000}{5000}; & 2000 \leq z \leq 7000 \\ 0; & z \geq 7000 \end{cases}$$

3.2.2 Aplikasi Fungsi Implikasi

Tahap kedua dari prosedur Metode *Fuzzy* Mamdani adalah penerapan fungsi implikasi. Fungsi implikasi merupakan struktur logika yang terdiri atas kumpulan premis dan satu konklusi. Fungsi implikasi berguna untuk mengetahui hubungan antara premis-premis dan konklusinya. Bentuk dari fungsi implikasi ini adalah dengan pernyataan *IF x is A THEN y is B*, dengan x dan y adalah skalar, serta A dan B adalah himpunan *fuzzy* (Ade Lahsasna, 2010). Dalam istilah logika *fuzzy*, proposisi yang mengikuti *IF* disebut dengan antisenden, sedangkan proposisi yang mengikuti *THEN* disebut dengan konsekuen. Proposisi atau aturan *fuzzy* ini dapat diperluas dengan menggunakan penghubung *fuzzy* AND (interseksi).

Menurut Chen & Pham (2001), secara umum aturan *fuzzy* memiliki bentuk,

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \text{ AND } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ AND } \dots \text{ AND } (x_n \text{ is } A_n) \text{ THEN } y \text{ is } B \quad (3.1)$$

dimana, banyaknya n ditentukan berdasarkan jumlah dari variabel input *fuzzy* yang digunakan. Suatu proposisi ini digunakan untuk pembentukan keputusan atau menghasilkan *output* dari proposisi yang telah ditentukan. Penentuan proposisi ini dibentuk berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditentukan dengan penilaian yang sesuai dengan objek, dan berdasarkan fakta yang diketahui. Setelah terbentuknya proposisi, selanjutnya adalah menentukan nilai keanggotaan berdasarkan aturan *fuzzy* yang telah dibentuk menggunakan fungsi implikasi Min. Pada fungsi implikasi Min, digunakan operator AND (interseksi).

Menurut Chen & Pham (2001), nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua himpunan atau lebih pada fungsi implikasi Min didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat}_i &= \mu_{A_1[x_1] \cap \dots \cap A_n[x_n]} \\ &= \min(\mu_{A_1}[x_1], \dots, \mu_{A_n}[x_n]) \end{aligned} \quad (3.2)$$

dimana, i adalah aturan *fuzzy* ke- i .

Ilustrasi 3.2.2 :

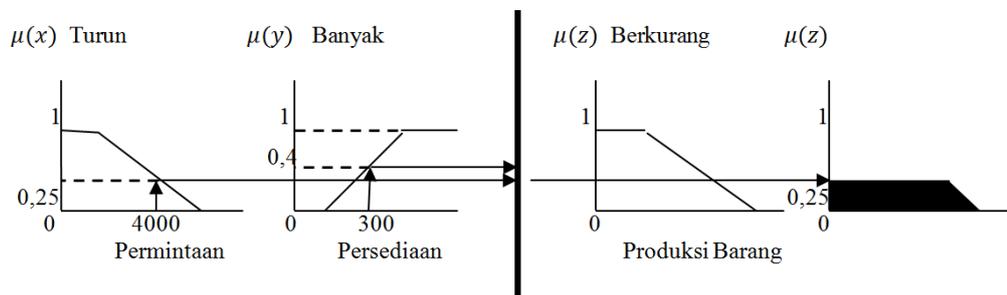
Berdasarkan ilustrasi kasus 3.2.1, proses selanjutnya akan menentukan aplikasi fungsi implikasinya, terdapat 4 aturan fungsi implikasi pada Metode *Fuzzy* Mamdani, yaitu:

- [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.

Selanjutnya yang dilakukan yaitu menentukan nilai keanggotaan berdasarkan aturan *fuzzy* yang telah dibentuk.

[R1] IF Permintaan Turun AND Persediaan Banyak THEN Produksi Barang Berkurang.

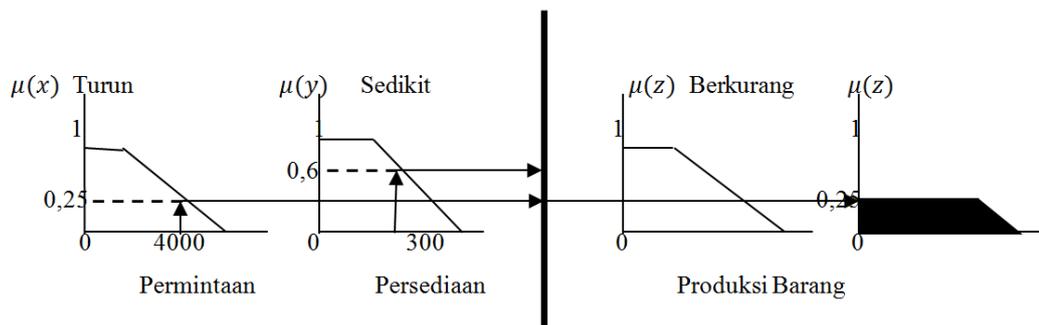
$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_1 &= \mu_{\text{PmtTurun}} \cap \mu_{\text{PsdBanyak}} \\ &= \min(\mu_{\text{PmtTurun}}(4000), \mu_{\text{PsdBanyak}}(300)) \\ &= \min(0,25; 0,4) \\ &= 0,25\end{aligned}$$



Gambar 3.4 Aplikasi Fungsi Implikasi R1

[R2] IF Permintaan Turun AND Persediaan Sedikit THEN Produksi Barang Berkurang.

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_2 &= \mu_{\text{PmtTurun}} \cap \mu_{\text{PsdSedikit}} \\ &= \min(\mu_{\text{PmtTurun}}(4000), \mu_{\text{PsdSedikit}}(300)) \\ &= \min(0,25; 0,6) \\ &= 0,25\end{aligned}$$

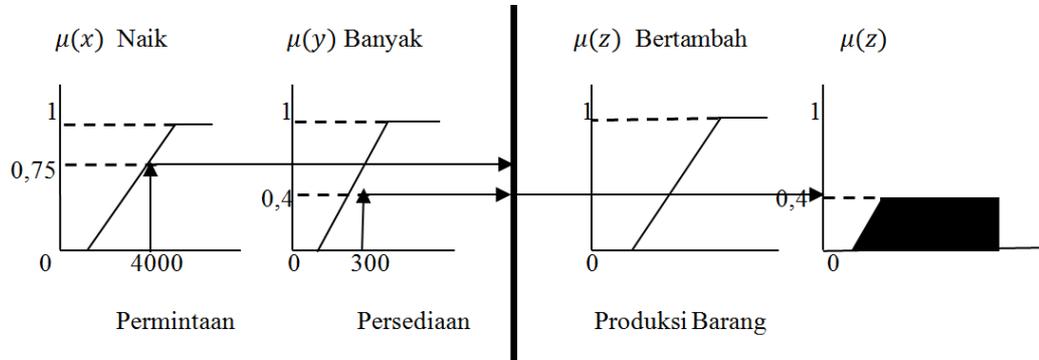


Gambar 3.5 Aplikasi Fungsi Implikasi R2

[R3] IF Permintaan Naik AND Persediaan Banyak THEN Produksi Barang Bertambah.

$$\alpha - \text{predikat}_3 = \mu_{\text{PmtNaik}} \cap \mu_{\text{PsdBanyak}}$$

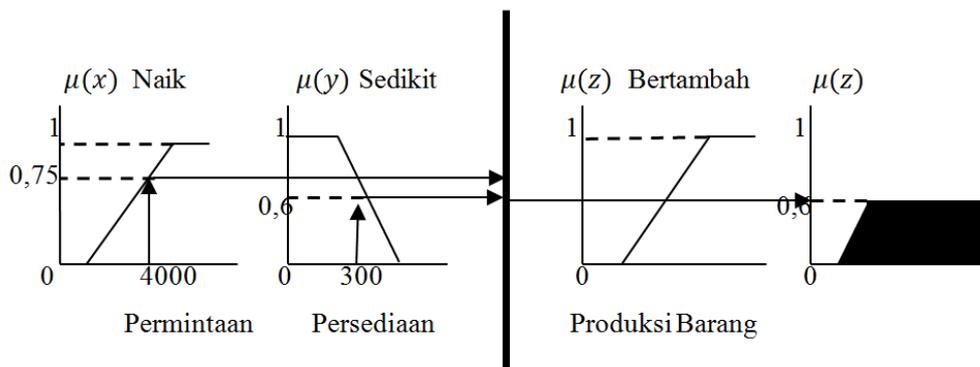
$$\begin{aligned}
 &= \min(\mu_{\text{PmtNaik}}(4000), \mu_{\text{PsdBanyak}}(300)) \\
 &= \min(0,75; 0,4) \\
 &= 0,4
 \end{aligned}$$



Gambar 3.6 Aplikasi Fungsi Implikasi R3

[R4] IF Permintaan Naik AND Persediaan Sedikit THEN Produksi Barang Bertambah.

$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat}_4 &= \mu_{\text{PmtNaik}} \cap \mu_{\text{PsdSedikit}} \\
 &= \min(\mu_{\text{PmtNaik}}(4000), \mu_{\text{PsdSedikit}}(300)) \\
 &= \min(0,75; 0,6) \\
 &= 0,6
 \end{aligned}$$



Gambar 3.7 Aplikasi Fungsi Implikasi R4

3.2.3 Komposisi Aturan

Tahap ketiga dari prosedur Metode *Fuzzy Mamdani* adalah komposisi aturan. Pada tahap ketiga ini, suatu prosedur dengan tujuan untuk menentukan inferensi dari kumpulan dan korelasi antar aturan menggunakan Metode Max, dengan makna lain yaitu prosedur menggabungkan fungsi keanggotaan dari aturan

Nadya Febriany, 2016

APLIKASI METODE FUZZY MAMDANI DALAM PENENTUAN STATUS GIZI DAN KEBUTUHAN KALORI HARIAN BALITA MENGGUNAKAN SOFTWARE MATLAB

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

aplikasi fungsi implikasi (Ade Lahsasna, 2010). Solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke dalam output (keputusan akhir) dengan menggunakan operator OR (*union*). Apabila semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari setiap proposisi.

Menurut Ade Lahsasna (2010), proses penggabungan fungsi keanggotaan dengan menggunakan Metode Max dilakukan dengan menggunakan perumusan:

$$\mu_{sf}(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (3.3)$$

dengan $\mu_{sf}(x_i)$ menyatakan nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i, $\mu_{kf}(x_i)$ menyatakan nilai keanggotaan konsekuensi *fuzzy* aturan ke-i.

Ilustrasi 3.2.3 :

Berdasarkan ilustrasi kasus 3.2.1 dan ilustrasi kasus 3.2.2, tahap selanjutnya yaitu menentukan komposisi aturannya.

$$\begin{aligned} \mu_{sf}(x) &= \max(\mu_{proBerkurang}(x), \mu_{proBertambah}(x)) \\ &= \max(0,25 ; 0,6) \end{aligned}$$

Pada saat $\mu_{proBerkurang}(z) = 0,25$, nilai z dapat ditentukan sebagai berikut:

$$0,25 = \frac{(z - 2000)}{5000}$$

$$\Leftrightarrow 1250 = z - 2000$$

$$\Leftrightarrow z = 3250$$

Pada saat $\mu_{proBertambah}(z) = 0,6$, nilai z dapat ditentukan sebagai berikut:

$$0,6 = \frac{(z - 2000)}{5000}$$

$$\Leftrightarrow 3000 = z - 2000$$

$$\Leftrightarrow z = 5000$$

Dengan demikian, fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi ini adalah:

$$\mu(z) = \begin{cases} 0,25 ; z \leq 3250 \\ \frac{z - 2000}{5000} ; 3250 \leq z \leq 5000 \\ 0,6 ; z \geq 5000 \end{cases}$$

3.2.4 Defuzzifikasi

Tahap terakhir dari prosedur Metode *Fuzzy* Mamdani adalah proses defuzzifikasi. Proses defuzzifikasi dipergunakan untuk menafsirkan nilai keanggotaan *fuzzy* menjadi keputusan tertentu atau bilangan *real* (Bova, 2010). Hal ini berarti mengembalikan nilai besaran *fuzzy* menjadi nilai *crisp* (bilangan *real*), dan mengubah *fuzzy* output menjadi nilai *crisp* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Proses defuzzifikasi ini perlu dilakukan, karena keputusan *fuzzy* atau output adalah tetap variabel linguistik dan variabel linguistik ini membutuhkan untuk dikonversi ke dalam variabel *crisp*.

Input dari langkah defuzzifikasi adalah himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan *fuzzy*, sedangkan *output*, suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Oleh karena itu, apabila diketahui suatu himpunan *fuzzy* dalam suatu *range* tertentu, maka harus dapat diperoleh suatu nilai *crisp* (bilangan *real*) tertentu sebagai *output* atau hasil keputusannya. Metode yang dipergunakan dalam proses defuzzifikasi ini adalah defuzzifikasi dengan Metode *Centroid* (titik pusat). Metode ini memperhatikan kondisi setiap daerah *fuzzynya*, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat (Salman, 2010). Metode *centroid* yaitu suatu metode dimana semua daerah *fuzzy* dari hasil komposisi aturan digabungkan dengan tujuan untuk membentuk hasil yang optimal dan mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Prosedur defuzzifikasi dengan menggunakan Metode *Centroid*, yaitu menentukan *moment* (integral dari masing-masing fungsi keanggotaan dari komposisi aturan), menentukan luas, dan menentukan titik pusat.

Menurut Ross (2010), proses dalam menentukan titik pusat daerah *fuzzy* dilakukan dengan menggunakan perumusan:

$$z^* = \frac{\int_z \mu(z)z dz}{\int_z \mu(z) dz} \quad (3.4)$$

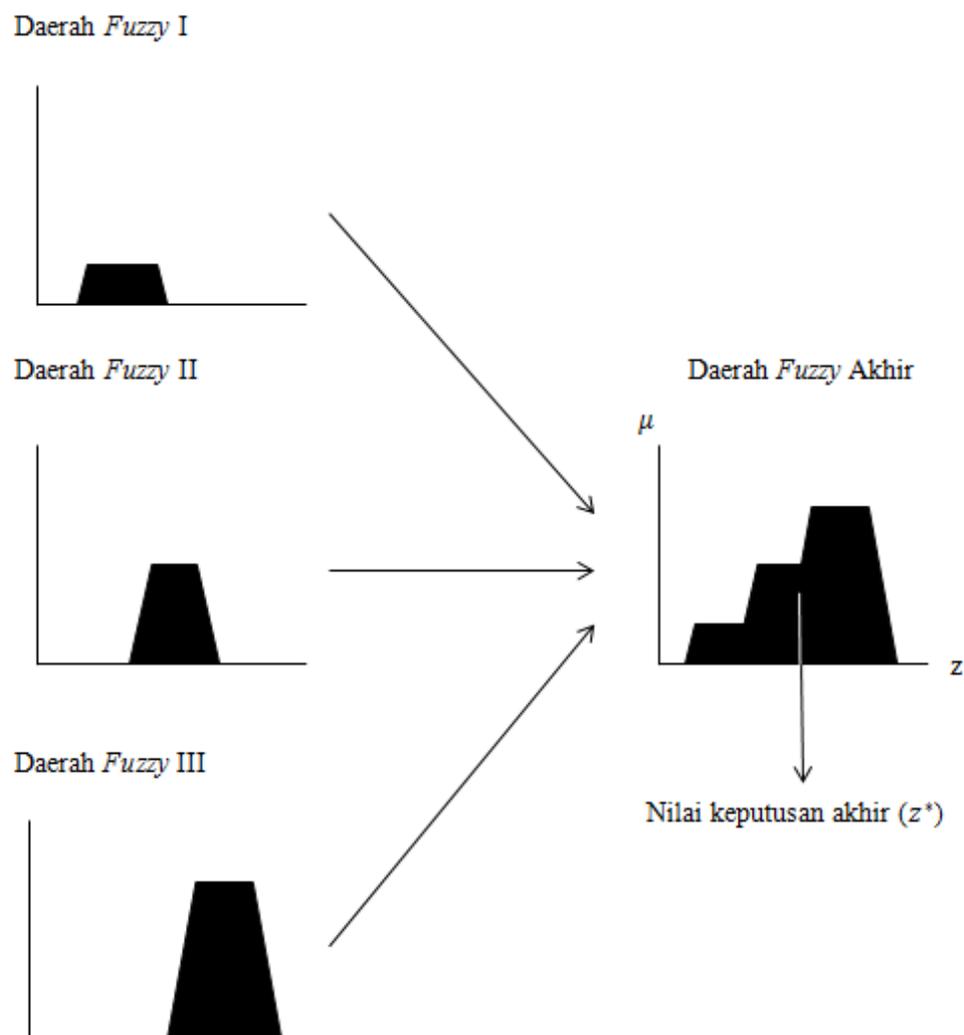
dengan z^* menyatakan nilai hasil defuzzifikasi /titik pusat daerah *fuzzy*, $\mu(z)$ menyatakan nilai keanggotaan, dan $\int_z \mu(z)z dz$ menyatakan momen untuk semua daerah hasil komposisi aturan.

Luas untuk setiap daerah hasil komposisi aturan dapat diperoleh dengan cara mencari luas berdasarkan bentuk dari masing-masing daerah hasil komposisi

aturannya, atau dapat pula dengan menggunakan integral, yaitu $\int_z \mu(z) dz$. Nilai dari z^* merupakan nilai hasil dari proses defuzzifikasi, nilai ini merupakan hasil dari keputusan akhir, dan disesuaikan dengan variabel linguistik dari himpunan *fuzzy* yang telah ditentukan pada proses awal, yaitu pembentukan himpunan *fuzzy*.

Ilustrasi Proses Defuzzifikasi:

Misalkan terdapat tiga daerah *fuzzy* dari hasil proses komposisi aturan, yaitu Daerah *Fuzzy* I, Daerah *Fuzzy* II, dan Daerah *Fuzzy* III. Dari ketiga daerah *fuzzy* tersebut digabungkan dan digunakan proses defuzzifikasi agar menghasilkan nilai dari keputusan akhir, sebagai berikut:

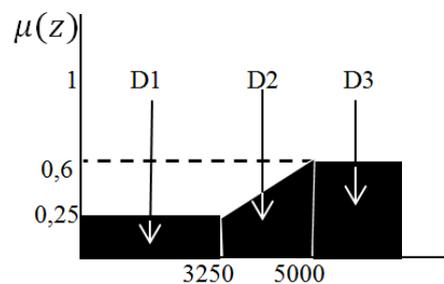


Gambar 3.8 Ilustrasi Defuzzifikasi

Ilustrasi 3.2.4 :

Berdasarkan ilustrasi kasus 3.2.1, ilustrasi kasus 3.2.2 dan ilustrasi kasus 3.2.3, selanjutnya akan dilakukan proses defuzzifikasi.

Seperti telah dikemukakan sebelumnya bahwa proses defuzzifikasi menggunakan metode centriod. Untuk menentukan nilai *crisp* z , dilakukan dengan membagi daerah menjadi 3 bagian, yaitu D1, D2, dan D3, dengan luas masing-masing adalah A_1 , A_2 , dan A_3 , serta momen terhadap nilai keanggotaan masing-masing adalah M_1 , M_2 , dan M_3 , untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar (3.9)



Gambar 3.9 Proses Defuzzifikasi

Proses penentuan momen untuk setiap daerah.

- Untuk Momen 1,

$$M_1 = \int_0^{3250} (0,25)z \, dz = 0,125 \, z^2 \Big|_0^{3250} = 1320312,5$$

- Untuk Momen 2,

$$\begin{aligned} M_2 &= \int_{3250}^{5000} \frac{(z-2000)}{5000} \cdot z \, dz = \int_{3250}^{5000} (0,0002z^2 - 0,4z) \cdot z \, dz \\ &= 0,000067z^3 - 0,2z^2 \Big|_{3250}^{5000} \\ &= 3187515,625 \end{aligned}$$

- Untuk Momen 3,

$$M_3 = \int_{5000}^{7000} (0,6)z \, dz = 0,3 \, z^2 \Big|_{5000}^{7000} = 7200000$$

Proses penentuan luas untuk setiap daerah.

- Untuk luas 1,

$$A1 = 3250 * 0,25 = 812,5$$

- Untuk luas 2,

$$A2 = \frac{(0,25 + 0,6) * (5000 - 3250)}{2} = 743,75$$

- Untuk luas 3,

$$A3 = (7000 - 5000) * 0,6 = 1200$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh titik pusat dari daerah *fuzzy* yaitu:

$$z = \frac{1320312,5 + 3187515,625 + 7200000}{812,5 + 743,75 + 1200} = 4247,74 \approx 4248$$

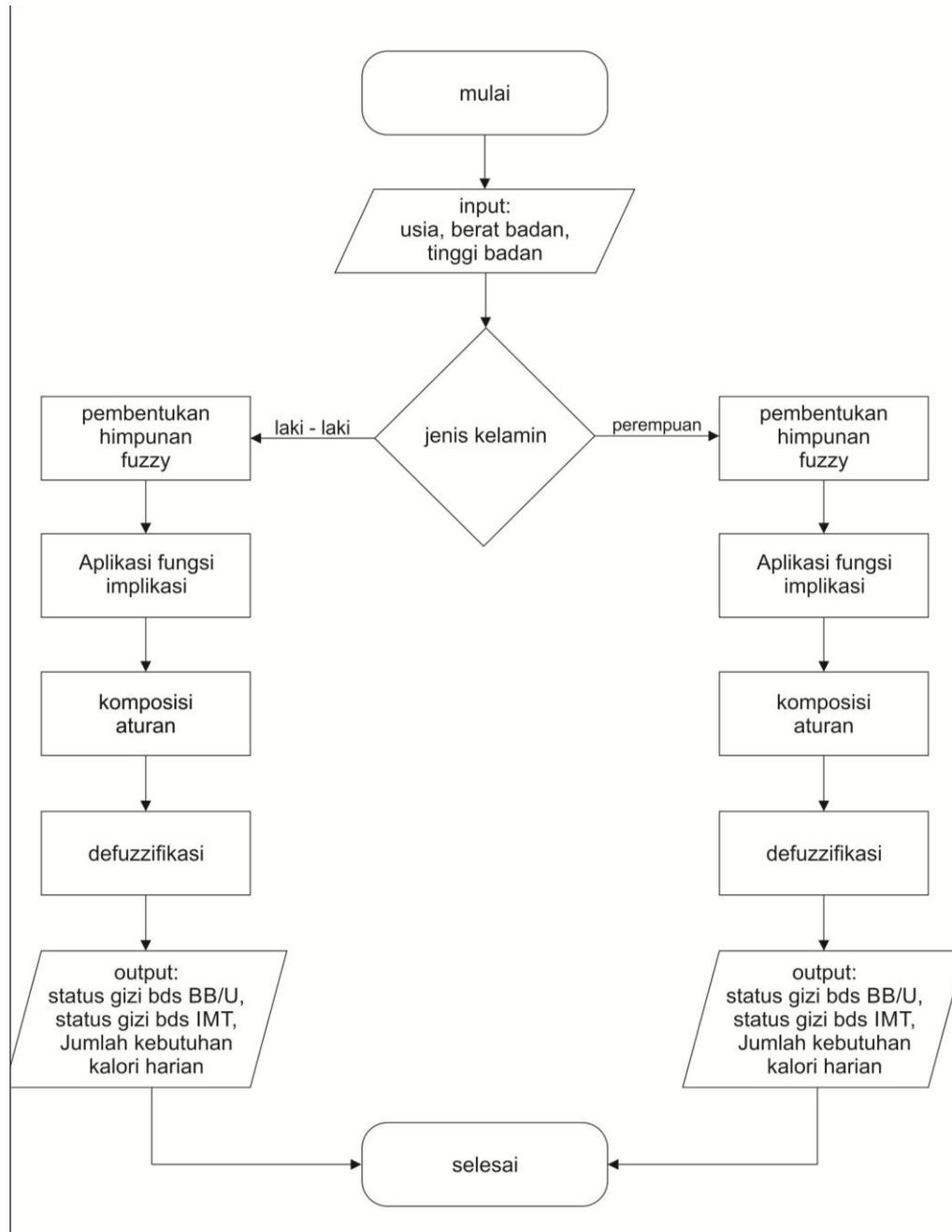
Jadi, jumlah botol minuman A yang harus diproduksi adalah sebanyak 4248 botol.

3.3 Pembangunan Program Metode *Fuzzy Mamdani* dengan Matlab R2013a

Pada penentuan status gizi dan kebutuhan kalori harian pada balita berdasarkan indeks antropometri berat badan terhadap usia (BB/U) dan Indeks Massa Tubuh (IMT) dengan perhitungan manual tentu akan memerlukan waktu yang cukup lama, dan juga diperlukan ketelitian yang cukup tinggi mengingat banyaknya variabel yang digunakan, serta banyaknya tahapan yang harus dilakukan. Dalam hal ini, keberadaan suatu program aplikasi sangatlah bermanfaat. Oleh karena itu, pada subbab 3.3 akan membahas mengenai program aplikasi untuk penentuan status gizi dan kebutuhan kalori harian pada balita berdasarkan indeks antropometri berat badan terhadap usia (BB/U) dan Indeks Massa Tubuh (IMT). Program yang dibangun ini terdiri dari dua program, yaitu program penentuan status gizi dan kebutuhan kalori harian pada balita I (untuk *input* satu data) dan program penentuan status gizi dan kebutuhan kalori harian pada balita II (untuk *input* lebih dari satu data).

3.3.1 Diagram Alir Program

Diagram alir program (*flowchart*) berguna untuk menunjukkan alir (*flow*) di dalam program atau prosedur sistem secara logika. Adapun *flowchart* yang diterapkan dalam program ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.10 Flowchart Program Penentuan Status Gizi Dan Kebutuhan Kalori Harian Balita

3.3.2 Perangkat Pendukung

Program aplikasi yang digunakan untuk untuk penentuan status gizi dan kebutuhan kalori harian pada balita berdasarkan indeks antropometri berat badan terhadap usia (BB/U) dan Indeks Massa Tubuh (IMT) adalah, *software* Matlab R2013a.

3.3.2.1 Perangkat Lunak Pendukung

Perangkat lunak yang digunakan pada sistem komputer untuk membuat program aplikasi penentuan status gizi dan kebutuhan kalori harian pada balita berdasarkan indeks antropometri berat badan terhadap usia (BB/U) dan indeks massa tubuh (IMT) adalah sebagai berikut:

- a. Sistem Operasi Windows 7.
- b. Software Matlab R2013a.
- c. Aplikasi Notepad.

3.3.2.2 Perangkat Keras Pendukung

Perangkat keras yang digunakan pada sistem komputer untuk membuat program aplikasi penentuan status gizi dan kebutuhan kalori harian pada balita berdasarkan indeks antropometri berat badan terhadap usia (BB/U) dan indeks massa tubuh (IMT) adalah sebagai berikut:

- a. Memori 2 GB.
- b. Processor AMD C-50 1.00 GHz.

3.3.3 Tampilan Program

Program penentuan status gizi dan kebutuhan kalori harian pada balita dibangun menggunakan *software* Matlab R2013a. Tampilan program penentuan status gizi dan kebutuhan kalori harian pada balita I adalah sebagai berikut:

Gambar 3.11 Tampilan Jendela Program Penentuan Status Gizi Dan Kebutuhan Kalori Harian Balita I

Tampilan program penentuan status gizi dan kebutuhan kalori harian pada balita II adalah sebagai berikut:

```

Command Window
-----
PROGRAM STATUS GIZI BALITA
METODE FUZZY MAMDANI
-----
Masukkan File Input =
Masukkan File Output =
  
```

Gambar 3.12 Tampilan Jendela Program Penentuan Status Gizi Dan Kebutuhan Kalori Harian Balita II

3.3.4 Pengujian Program

Pengujian program bertujuan agar program dapat berjalan dengan baik tanpa adanya kesalahan atau *error*, dan sangat memungkinkan untuk dilakukan pengembangan program lebih lanjut. Hasil pengujian *input* data dan tombol-tombol yang tersedia pada program I, disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3.1 Pengujian Program Penentuan Status Gizi Dan Kebutuhan Kalori Harian Balita I

Kasus dan Hasil Uji (Data Studi Kasus)			
Data Masukan	Hasil	Pengamatan	Kesimpulan
Ketik Data Input	Kolom inputan Jenis Kelamin, Usia (bulan), Berat Badan (kg), dan Tinggi Badan (cm) terisi dengan data inputan sesuai dengan yang diinginkan.	Algoritma sudah benar, terlihat dari sistem yang berjalan dengan baik dan tidak mengeluarkan <i>error</i> .	Diterima
Klik tombol 'Klik'	Kolom Output Status Gizi (BB/U), Status Gizi (IMT), dan Jumlah Kebutuhan Kalori Harian (kal) sudah terisi. Proses ini menggunakan Metode <i>Fuzzy Mamdani</i> .	Algoritma tombol 'Klik' sudah benar, terlihat dari sistem yang berjalan dengan baik dan tidak mengeluarkan <i>error</i> .	Diterima
Klik tombol 'Clear'	Input dan output pada kolom yang tersedia menjadi kosong kembali.	Sistem berhasil merespon	Diterima

Kasus dan Hasil Uji (Data Studi Kasus)			
Data Masukan	Hasil	Pengamatan	Kesimpulan
		prosedur pada tombol 'Clear'.	
Klik tombol 'Close'	Jendela program tertutup.	Sistem berhasil merespon prosedur pada tombol 'Close'.	Diterima

Pengujian program dengan menggunakan *input* sebanyak satu data balita. Setelah dilakukan penginputan data dan dilakukan proses pada program diperoleh bahwa tidak adanya kesalahan atau *error* dalam program. Program dalam berjalan dengan baik dan menghasilkan *output* sebagai berikut:

Gambar 3.13 Hasil *Output* Program Penentuan Status Gizi Dan Kebutuhan Kalori Harian Balita I

Hasil pengujian *input* data dan tombol-tombol yang tersedia pada program II, disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3.2 Pengujian Program Penentuan Status Gizi Dan Kebutuhan Kalori Harian Balita II

Kasus dan Hasil Uji (Data Studi Kasus)			
Data Masukan	Hasil	Pengamatan	Kesimpulan
Ketik File Input	Pada perintah 'Masukkan File Input =' sudah terisi oleh data input berupa file notepad (.txt) yang akan digunakan disertakan dengan format penyimpanan datanya. Proses ini menggunakan Metode <i>Fuzzy Mamdani</i> . Contoh : 'd:\matlab\statusgizi\data10.txt'	Algoritma sudah benar, terlihat dari sistem yang berjalan dengan baik dan tidak mengeluarkan <i>error</i> .	Diterima
Ketik File Output	Pada perintah 'Masukkan File Output =' sudah terisi oleh data penyimpanan output berupa file notepad (.txt). Contoh : 'dataout.txt'	Algoritma sudah benar, terlihat dari sistem yang berjalan dengan baik dan tidak mengeluarkan <i>error</i> .	Diterima

Pengujian program dengan menggunakan *input* sebanyak sepuluh (10) data balita. Setelah dilakukan penginputan data dan dilakukan proses pada program diperoleh bahwa tidak adanya kesalahan atau *error* dalam program. Program dalam berjalan dengan baik dan menghasilkan *output* sebagai berikut:

NO	JENIS KELAMIN	USIA (BLN)	BERAT (KG)	TINGGI BADAN(CM)	HASILFUZZY STATUSBB/U	STATUS GIZIBB/U	KALORI (KAL)	HASILFUZZY STATUSIMT	STATUS GIZIIMT
1	P	44	18	101	-0.82723	Baik	922.75	-0.82723	Normal
2	P	38	17.5	100	-0.12687	Baik	922.75	-0.12687	Normal
3	P	45	19	103	2.3255	Lebih	966.922	2.4722	Gemuk
4	P	44	18.5	103	1.0016	Baik	956.7299	1.0016	Normal
5	P	29	14	93	-0.19389	Baik	922.75	-0.19389	Normal
6	L	42	17	95	-0.5	Baik	922.75	-0.5	Normal
7	P	41	17	95	-0.3834	Baik	922.75	-0.3834	Normal
8	L	11	12.3	83	0.8069	Baik	634	0.71479	Normal
9	P	26	13	90	-0.57432	Baik	922.75	1.7985	Normal
10	L	37	19	94	1.9031	Baik	922.75	1.9031	Normal

Gambar 3.14 Hasil *Output* Program Penentuan Status Gizi Dan Kebutuhan Kalori Harian Balita II