BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Terkait

Penelitian yang terkait mengenai penelitian ini diantaranya yaitu penelitian yang dilakukan Kusumaningtyas, et al (2019) dengan judul Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Saluran Pernapasan Dengan Metode *Fuzzy Tsukamoto*. Pada penelitiannya, sistem inferensi yang digunakan adalah *fuzzy Tsukamoto*. Gejala yang ditentukan sebanyak 32 gejala dan 13 jenis *output* penyakit saluran pernapasan. Dilakukan sebanyak 20 kasus uji pada sistem pakar yang dibuat dengan hasil akhir 16 kasus uji sesuai dan 4 kasus tidak sesuai, sehingga didapatkan nilai keakuratan sebesar 80%.

Penelitian lain dengan melakukan analisis perbandingan pernah dilakukan oleh Adrial, et al (2020) dengan judul Analisis Perbandingan Kalkulasi Manual *Fuzzy Logic* Metode *Mamdani* Dan *Tsukamoto* Pada Penentuan Tipe Diabetes Melitus. Penelitian tersebut menjabarkan perbandingan antara metode fuzzy Mamdani dan Tsukamoto dalam kasus penentuan tipe diabetes melitus. Digunakan 27 *rule fuzzy* dan 3 kasus pengujian. Dari hasil kalkulasi manual menunjukan bahwa metode Mamdani lebih mendekati keadaan yang sebenarnya dan lebih optimal dalam kasus penentuan diabetes melitus dibandingkan metode Tsukamoto. Walaupun proses kalkulasi metode Mamdani membutuhkan waktu yang lama, tetapi hasil yang diberikan lebih tepat.

Penelitian lain dengan perbandingan *fuzzy* juga dilakukan oleh Sari, et al (2016). Pada penelitian tersebut membandingkan 3 metode inferensi *fuzzy* yaitu Mamdani, Sugeno, dan Tsukamoto untuk mendiagnosis penyakit tuberkulosis pada anak-anak. Tujuan menggunakan 3 metode inferensi *fuzzy* yang berbeda ialah untuk mengetahui metode inferensi *fuzzy* mana yang memiliki akurasi yang tinggi dalam mendiagnosa penyakit tuberkulosis pada anak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari ketiga sistem inferensi *fuzzy*, model yang paling baik adalah model sugeno dengan nilai akurasi sebesar 93% atau setara dengan kesalahan 13 diagnosis dari 180. Model inferensi mamdani memiliki tingkat akurasi sebesar 89% atau setara dengan kesalahan 20 diagnosis dari 180. Model inferensi Tsukamoto

memiliki nilai akurasi sebesar 92% atau setara dengan kesalahan 15 diagnosis dari 180. Berdasarkan ketiga sistem tersebut, keluaran yang paling presisi terdapat pada *Fuzzy* tipe Sugeno dengan nilai sebesar 95,1% sedangkan untuk *Fuzzy* Mamdani dan Tsukamoto masing-masing sebesar 93,4% dan 94,5%. Juga, level tertinggi untuk sensitivitas sistem ditemukan di Sugeno dengan 97,2% dibandingkan dengan Tsukamoto FIS sebesar 96,67% dan Mamdani di 94,4%.

Pada penelitian ini akan membahas mengenai perbandingan untuk mendiagnosis penyakit ISPA menggunakan *single membership function* dengan *double membership function* untuk mendiagnosis penyakit ISPA. Penggunaan *single membership function* untuk dilakukan perhitungan menggunakan *fuzzy* inferensi mamdani dan *double membership function* untuk selanjutnya dilakukan penghitungan menggunakan *Fuzzy Certainty Factor (FCF)* dengan inferensi mamdani. Pengujian pada penelitian ini akan menggunakan perbandingan akurasi dari hasil diagnosa pakar dan sistem. Tujuan dari penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui metode mana yang memiliki tingkat validasi tinggi terhadap diagnosis penyakit ISPA dengan *single membership function* atau *double membership function.*

2.2 Penyakit ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut)

ISPA atau Infeksi Saluran Pernafasan Akut merupakan penyakit saluran pernafasan atas atau bawah yang mana biasanya penyakit ini dapat menular. Penyakit ini didefinisikan sebagai penyakit saluran pernafasan yang disebabkan oleh agen infeksius yang ditularkan dari manusia ke manusia (Kementerian Kesehatan RI, 2011). Berdasarkan wilayah infeksinya, penyakit infeksi saluran pernafasan ini terbagi menjadi 2 yaitu infeksi saluran pernafasan atas yang meliputi Rhinitis, sinusitis, Faringitis, Laringitis, Epiglotitis, Tonsillitis, Otitis, Difteri. Sedangkan pada infeksi saluran pernafasan bawah meliputi Bronkhitis, Bronkhiolitis, Pneumonia . Tidak hanya pada balita, infeksi pernapasan menjadi penyebab kematian umum terbanyak kedua dengan proporsi 12,7%.

Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) didefinisikan sebagai penyakit saluran pernapasan yang disebabkan oleh agen infeksius yang ditularkan dari manusia ke manusia. Timbulnya gejala biasanya cepat, yaitu dalam waktu beberapa

jam sampai beberapa hari. Gejalanya meliputi demam, batuk, dan sering juga nyeri tenggorok, pilek, sesak nafas, mengi atau kesulitan nafas (WHO, 2007). Sebagian besar ISPA disebabkan oleh infeksi, akan tetapi dapat juga disebabkan oleh inhalasi bahan-bahan organik atau uap kimia dan inhalasi bahan-bahan debu yang mengandung alergen. Timbulnya gejala biasanya cepat, yaitu dalam waktu berapa jam sampai 9 beberapa hari. Gejalanya meliputi demam, batuk, dan sering juga nyeri tenggorokan, *coryza* (pilek), sesak napas, mengi, atau kesulitan bernapas.

Menurut Program Pemberantasan Penyakit ISPA terdapat 2 golongan klasifikasi penyakit ISPA yaitu pneumonia dan bukan pneumonia. Berdasarkan derajat beratnya penyakit, pneumonia itu sendiri dibagi lagi menjadi pneumonia berat dan pneumonia tidak berat. Secara lebih jelasnya ISPA diklasifikasikan kedalam beberapa kelompok sebagai berikut (Kunoli,F.J. 2013):

a. Untuk kelompok usia 2 bulan hingga <5 tahun dibedakan menjadi 3 klasifikasi, yaitu:

    1) Pneumonia berat, ditandai dengan adanya batuk dan atau sukar dalam bernafas serta adanya tarikan dinding dada bagian bawah kedalam (*chest indrawing).*

    2) Pneumonia, ditandai dengan adanya batuk dan atau sukar bernafas, nafas cepat sebanyak 40 kali atau lebih permenit.

    3) Bukan pneumonia, ditandai dengan adanya batuk dan atau sukar bernafas, tidak ada nafas cepat serta tidak adanya tarikan dinding dada bagian bawah kedalam.

b. Untuk usia < 2 bulan, dibedakan menjadi 2 klasifikasi yaitu:

    1) Pneumonia berat, ditandai dengan adanya batuk dan atau sukar bernafas, nafas cepat 60 kali atau lebih/menit atau tarikan kuat dinding dada bagian bawah kedalam.

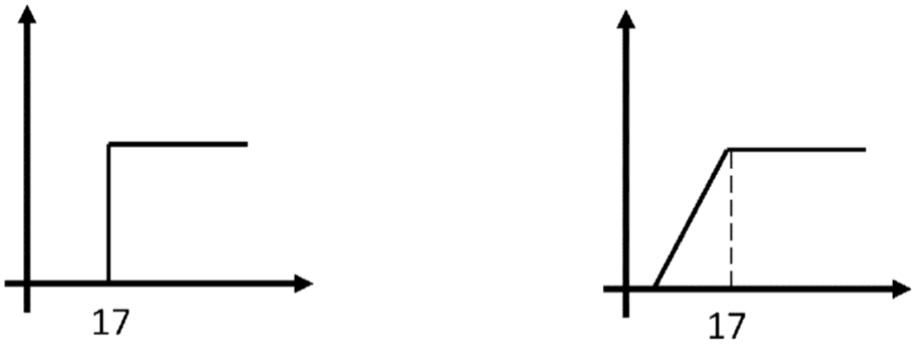
    2) Bukan pneumonia, ditandai dengan adanya batuk dan atau sukar bernafas, tidak adanya nafas cepat dan tidak ada tarikan dinding dada

bagian bawah kedalam.

2.3 Logika *Fuzzy*

Dalam kehidupan sehari-hari, sering ditemukan kasus yang tidak bisa dinyatakan sebagai benar atau salah, tapi harus dinyatakan dengan hampir benar, agak benar atau semacamnya. Dalam logika *fuzzy*, kita dapat menyatakan hal seperti itu dengan suatu nilai, antara benar dan salah. Logika *fuzzy* adalah logika yang kabur atau mengandung unsur ketidakpastian. Logika ini mulai dikembangkan pada tahun 1960-an di Amerika oleh Lotfi A. Zadeh.

Pada logika biasa, yaitu logika tegas, kita hanya mengenal dua nilai, salah atau benar, 0 atau 1. Sedangkan logika *fuzzy* mengenal nilai antara benar dan salah. Kebenaran dalam logika *fuzzy* dapat dinyatakan dalam derajat kebenaran yang nilainya antara 0 sampai 1. Misalnya dalam kehidupan sehari-hari, dewasa didefinisikan dengan berusia 17 tahun ke atas. Jika menggunakan logika tegas, seseorang yang berusia 17 tahun kurang 1 hari akan didefinisikan sebagai tidak dewasa. Namun dalam logika *fuzzy*, orang tersebut dapat dinyatakan dengan hampir dewasa.



Gambar 2. 1 Logika tegas (kiri) dan Logika *fuzzy* (kanan**)**

2.3.1 Himpunan Fuzzy

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2010), dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy* yang didalamnya terdapat peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan yang sangat penting. Himpunan

fuzzy adalah pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (*linguistik variable*) yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan dalam semesta U. Keanggotaan suatu nilai pada himpunan dinyatakan dengan derajat keanggotaan yang nilainya antara 0 sampai 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 tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar, dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah.

2.3.2 Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan riil yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Berikut ini contoh semesta pembicaraan.

a. Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur: [0 50]
b. Semesta pembicaraan untuk variabel umur: [0 85]

2.3.3 Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah semua nilai yang dapat digunakan dan bisa dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy (Kusumadewi, 2002) dalam sutrisno et al (2019). Seperti halnya semesta pembicaraan, domain adalah himpunan bilangan riil yang monoton naik dari kiri ke kanan. Nilai domain juga bisa berupa bilangan positif dan negatif. Berikut contoh domain himpunan fuzzy.

a. Dingin [0 20]
b. Sejuk [15 25]
c. Normal [20 30]
d. Hangat [25 35]

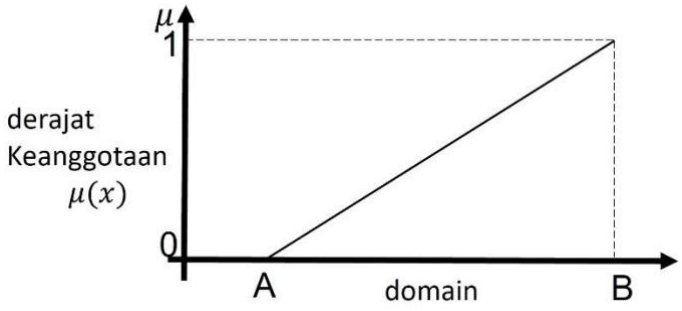
e. Panas [30 50]

2.3.4 Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan (*membership function*) merupakan kurva yang memetakan input ke derajat keanggotaan yang bernilai antara 0 dan 1. Menurut Sadollah (2018), ada 2 faktor utama yang mempengaruhi hasil dari logika fuzzy, yang pertama adalah mengetahui banyaknya fungsi keanggotaan yang dibutuhkan atau yang akan digunakan seperti dalam variabel suhu ada dingin, normal, dan hangat. Adapun faktor kedua adalah interval dalam fungsi keanggotaan tersebut. Menurutnya tidak ada metode yang tepat untuk memilih fungsi keanggotaan, meskipun cara *trial and error* sering digunakan untuk itu. Pada dasarnya bentuk fungsi keanggotaan tergantung pada bagaimana seseorang percaya pada variabel linguistik tertentu. Satu-satunya syarat yang harus dipenuhi oleh fungsi keanggotaan adalah ia harus berada dalam nilai 0 dan 1. Berikut merupakan beberapa jenis fungsi keanggotaan yang sering digunakan, antara lain:

a. Representasi Linear

Terdapat 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear, konsep pertama kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.

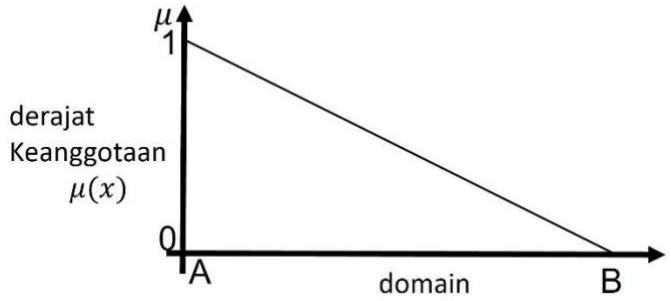


Gambar 2. 2 Kurva Linear Naik

Persamaan fungsi keanggotaan kurva linear naik dinyatakan pada persamaan 2.1

$$\mu(x) = \{0; \frac{(x-a)}{(b-a)}\ 1; ;\ x \leq a\ a \leq x \leq b\ x \geq b \quad (2.1)$$

Adapun konsep 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 yang dapat dilihat pada Gambar 2.3.



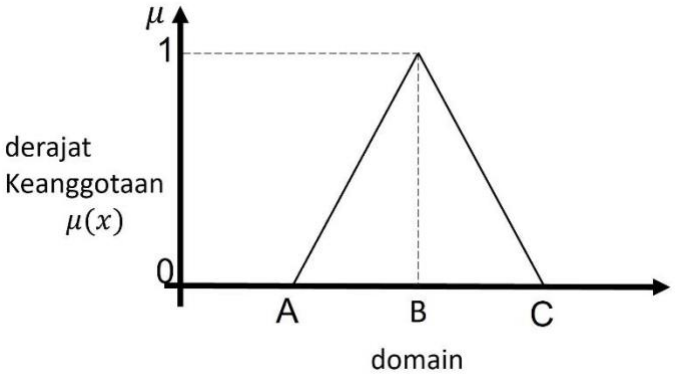
Gambar 2. 3 Kurva Linear Turun

Fungsi keanggotaan kurva linear turun dinyatakan pada persamaan 2.2

$$\mu(x) = \{\frac{(b-x)}{b-a\ 0}\ ;\ a \leq x \leq b\ x \geq b \quad (2.2)$$

b. Representasi kurva segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear) seperti terlihat pada Gambar 2.4



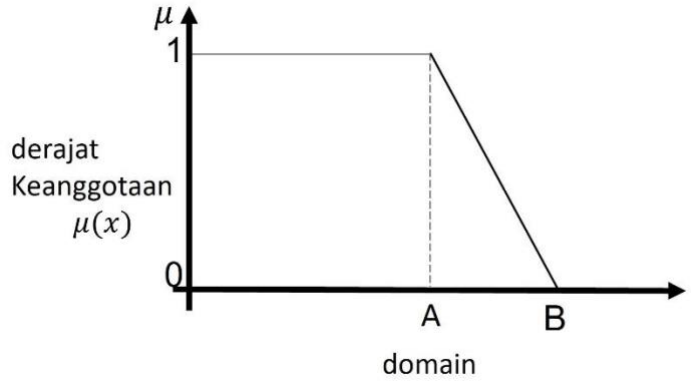
Gambar 2. 4 Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan kurva segitiga dinyatakan pada Persamaan 2.3.

$$\mu(x) = \{0; \frac{(x-a)}{(b-a)} \frac{(b-x)}{(c-b)} \;\; ; \;\; x \leq a \; atau \; x \geq c \; a \leq x \; \leq b \; b \leq x \; \leq c \tag{2.3}$$

c. Representasi Kurva Bahu

Representasi kurva bahu terdiri dari dua bahu, yaitu bahu kanan dan atau bahu kiri. Sebagaimana pada Gambar 2.5, Kurva bahu kiri merepresentasikan kondisi konstan dari kiri dengan nilai keanggotaan 1 kemudian turun menuju nilai keanggotaan 0. Sedangkan untuk kurva bahu kanan merepresentasikan keadaan linear naik dari nilai keanggotaan 0 menuju nilai keanggotaan 1 secara konstan ke kanan, perhatikan Gambar 2.5.

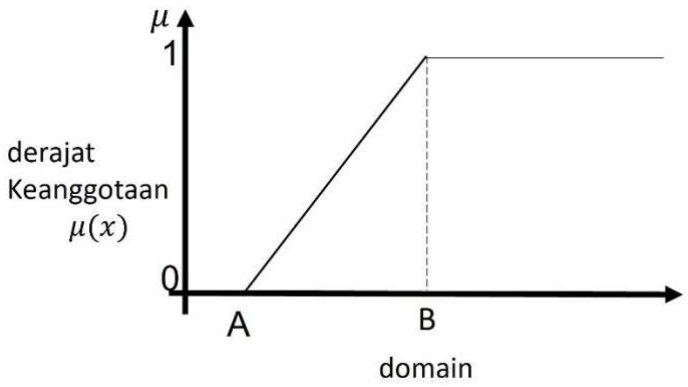


Gambar 2. 5 Kurva Bahu Kiri

Fungsi keanggotaan bahu kiri dinyatakan dengan menggunakan persamaan 2.4

$$\mu(x) = \{1; \frac{(b-x)}{(b-a)} \; 0 \;\; ; \;\; x < a \; a \leq x \; \leq b \; x \; > b \tag{2.4}$$

Adapun gambar kurva bahu kanan ditunjukkan pada Gambar 2.6 dan fungsi keanggotaan bahu kanan dinyatakan dengan persamaan 2.5

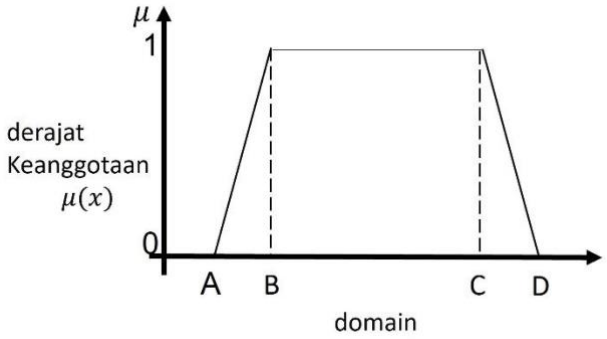


Gambar 2. 6 Kurva Bahu Kanan

$$\mu(x) = \{0; \frac{(x-a)}{(b-a)}\ 1\ ;\ x < a\ a \leq x\ \leq b\ x\ > b \quad (2.5)$$

d. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 seperti Gambar 2.7.



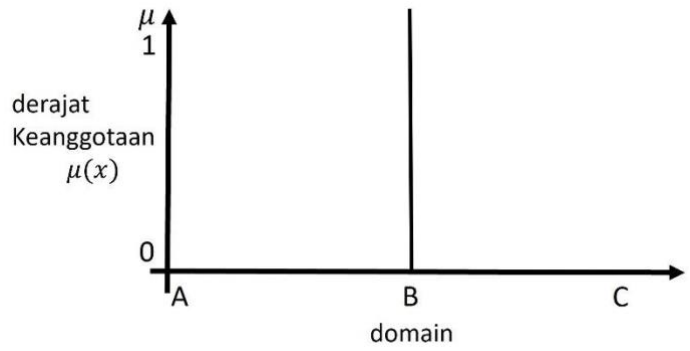
Gambar 2. 7 Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan kurva trapesium dinyatakan pada persamaan 2.6.

$$\mu(x) = \{\ 0\ ; \frac{(x-a)}{(b-a)}\ \ 1; \frac{(b-x)}{(c-b)}\ \ ;\ x \leq a\ atau\ x \geq d\ a \leq x\ \leq b\ \ b \leq x \leq c\ x \geq d \quad (2.6)$$

e. Representasi Kurva *Singleton*

Singleton adalah sebuah himpunan *Fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang pada titik tertentu mempunyai sebuah nilai dan 0 di luar titik tersebut. Gambar 2.8 merupakan Kurva *Singleton.*



Gambar 2. 8 Kurva Singleton

Fungsi keanggotaan kurva *singleton* dinyatakan pada persamaan 2.7

$$\mu(x) = \{0\ 1\ ;\ x \neq B\ x = B \qquad (2.7)$$

2.3.5 Operator Logika *Fuzzy*

Ada 3 operator dasar *fuzzy* yang dikemukakan oleh Zadeh, yaitu.

a. Operator *AND*

Hasil dari operasi dengan operator *AND* disebut α – predikat yang diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Persamaan 2.8 merupakan rumus operator *AND* berhubungan dengan operasi irisan (interseksi) pada himpunan.

$$\mu_{A\cap B} = (\mu A(x), \mu B(y)) \qquad (2.8)$$

b. Operator *OR*

Hasil dari operasi dengan operator *OR* disebut α – predikat yang diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Persamaan 2.9 merupakan rumus operator *OR* berhubungan dengan operasi gabungan (*union*) pada himpunan.

$$\mu_{A\cup B} = (\mu A(x), \mu B(y)) \quad (2.9)$$

c. Operator *NOT*

Hasil dari operasi dengan operator *NOT* disebut α – predikat yang diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dengan 1. Persamaan 2.10 merupakan rumus operator *NOT*.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A(x) \quad (2.10)$$

2.4 Metode *Fuzzy Mamdani*

Menurut Bova (2010) dalam Ardiansyah, Y.R, et al (2021) menjelaskan bahwa 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. 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. Metode *Fuzzy Mamdani* dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan *fuzzy*, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi.

2.4.1 Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Tahap pertama dari perhitungan Metode *Fuzzy Mamdani* adalah dengan pembentukan himpunan *fuzzy* atau fuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan proses yang dilakukan dengan mengubah input himpunan tegas (*crisp*) ke dalam himpunan *fuzzy*. 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* tinggi badan mempunyai himpunan *fuzzy* sebagai berikut: pendek, sedang, dan tinggi.

Pada setiap himpunan *fuzzy* tersebut ditentukan domain dan fungsi keanggotaan yang berikutnya digunakan untuk menentukan nilai keanggotaan (*membership* function) 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*.

2.4.2 Aplikasi Fungsi Implikasi

Tahap selanjutnya dari tahapan Metode Fuzzy Mamdani adalah penerapan fungsi implikasi. Fungsi implikasi merupakan struktur logika yang menyatakan hubungan antara variabel *input* dan variabel *output*. 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. Dalam istilah logika fuzzy, proposisi yang mengikuti IF disebut dengan anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut dengan konsekuen. Proposisi atau aturan fuzzy ini dapat diperluas dengan menggunakan penghubung *fuzzy* AND (interseksi).

2.4.3 Komposisi Aturan

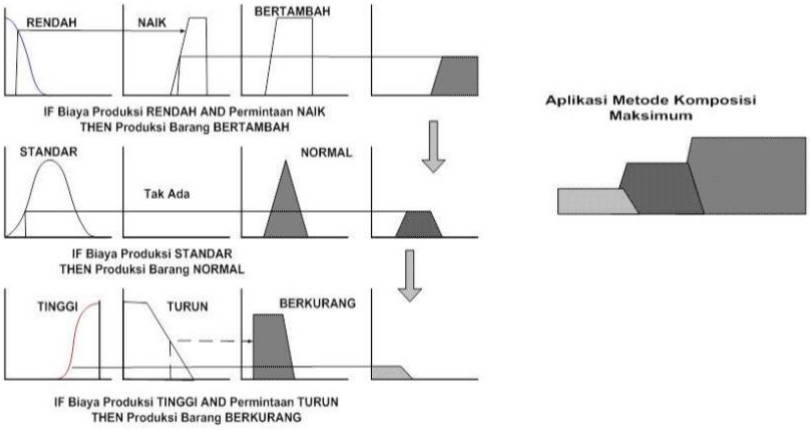
Tahap selanjutnya dari metode Mamdani adalah komposisi aturan. Komposisi aturan diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan apabila sistem terdiri dari beberapa aturan. Pada fuzzy mamdani ini, metode yang digunakan adalah metode *Max* (*maximum*). Pada metode ini solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakan nilai tersebut untuk memodifikasi daerah fuzzy dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator *Or* (gabungan). Apabila semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari setiap proposisi.

Menurut Ade Lahsasna (2010) dalam Febriany, N, et al (2017) proses penggabungan fungsi keanggotaan dengan menggunakan Metode Max dilakukan

dengan menggunakan perumusan:

$$\mu_{sf}(x_i) = (\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (2.11)$$

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.



Gambar 2. 9 Komposisi aturan fuzzy mamdani metode max

2.4.4 Defuzzifikasi

Langkah terakhir dari metode mamdani adalah Defuzzifikasi. proses defuzzifikasi digunakan untuk menafsirkan nilai keanggotaan fuzzy menjadi keputusan tertentu atau bilangan *real* Bova (2010) dalam Ardiansyah, Y.R ,et al (2021). 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).

Menurut Kusumadewi (2002) dalam Sutrisno et al (2019) ada dua keuntungan menggunakan metode *centroid*, yaitu:

1. Nilai defuzzifikasi akan bergerak secara halus sehingga perubahan dari suatu himpunan *fuzzy* juga akan berjalan dengan halus.

2. Lebih mudah dalam perhitungannya.

Metode centroid adalah metode pengambilan keputusan dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Solusi tegas pada metode ini diperoleh dengan cara mengambil nilai titik pusat daerah *fuzzy*. Adapun secara umum metode centroid dituliskan dengan persamaan

$$Z^* = \frac{\int_a^b z\mu(z)dz}{\int_a^b \mu(z)dz} \quad (2.12)$$

Dengan Z^* menyatakan nilai hasil defuzzifikasi atau titik pusat daerah fuzzy, $\mu(z)$ menyatakan nilai keanggotaan, dan $\int_a^b z\mu(z)\,dz$ menyatakan momen untuk semua daerah hasil komposisi aturan.

2.5 *Generalized Fuzzy Set*

Operator logika pada *fuzzy* dengan dua fungsi keanggotaan diperkenalkan oleh REN Ping (1990) dalam Reddy (2017) dari logika *fuzzy* yang dibuat oleh Zadeh yang hanya memiliki satu fungsi keanggotaan saja. Berikut merupakan operator logika dengan 2 fungsi keanggotaan.

a. Negasi

Jika x bukan A, maka

$$A' = \{\mu_A^{Disbelief}(x),\ \mu_A^{Belief}(x)\} \quad (2.13)$$

b. Konjungsi

Jika x=y. dan x adalah A, y adalah B ->(x,y) adalah A∩B, maka

$$A \cap B = \{(\mu_A^{Belief}(x),\ \mu_B^{Belief}(x)), (\mu_A^{Disbelief}(x),\ \mu_B^{Disbelief}(x))\} \quad (2.14)$$

c. Disjungsi

Jika x=y. dan x adalah A, y adalah B ->(x,y) adalah AVB, maka

$$AVB = \{(\mu_A^{Belief}(x),\ \mu_B^{Belief}(x)), (\mu_A^{Disbelief}(x),\ \mu_B^{Disbelief}(x))\} \quad (2.15)$$

2.6 *Fuzzy Certainty Factor* (FCF)

Beberapa metode yang biasa digunakan untuk menangani masalah ketidakpastian dan kesamaran adalah dengan menggunakan teknik probabilitas, faktor kepastian dan logika *fuzzy*. Metode *Certainty Factor* menekankan pada nilai kepercayaan yang diberikan oleh seorang pengguna dan pakar sedangkan logika *fuzzy* menekankan pada derajat keanggotaan dari suatu *evidence* (bukti) pada suatu himpunan *fuzzy* sehingga mampu menangani masalah kesamaran (Prihartini, 2011).

Metode *Fuzzy Certainty Factor (FCF)* didefinisikan sebagai himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan tunggal *(single membership function)* yang didapatkan dengan cara menghitung selisih dari dua fungsi keanggotaan yaitu nilai kepercayaan *(belief)* dan ketidakpercayaan *(disbelief)* (Reddy, 2018). Persamaan teori *Fuzzy Certainty Factor (FCF)* dapat dinyatakan dalam persamaan 2.16.

$$\mu_A^{FCF}(x) = \mu_A^{Belief}(x) - \mu_A^{Disbelief}(x) \quad (2.16)$$

Keterangan:

$\mu_A^{FCF}(x)$: Nilai *FCF* terhadap hipotesis A jika diberikan evidence x.

$\mu_A^{Belief}(x)$: Nilai Kepercayaan dari hipotesis A dari evidence x.

$\mu_A^{Disbelief}(x)$:Nilai Ketidakpercayaan dari hipotesis A dari evidence x.

Nilai x : rentang nilai antara 0 dan 1.

Pada MYCIN, metode *Certainty Factor* didefinisikan dengan $CF[h,e] = MB[h,e] - MD[h,e]$, dimana "e" adalah bukti *(evidence)* dan "h" adalah hipotesis, serta nilai *MB* (tingkat kepercayaan) dan *MD* (tingkat ketidakpercayaan) merupakan nilai probabilitas. Namun untuk *FCF* nilai $\mu_A^{Belief}(x)$ dan nilai $\mu_A^{Disbelief}(x)$ merupakan himpunan *fuzzy*, bukan sebuah probabilitas. Perlu

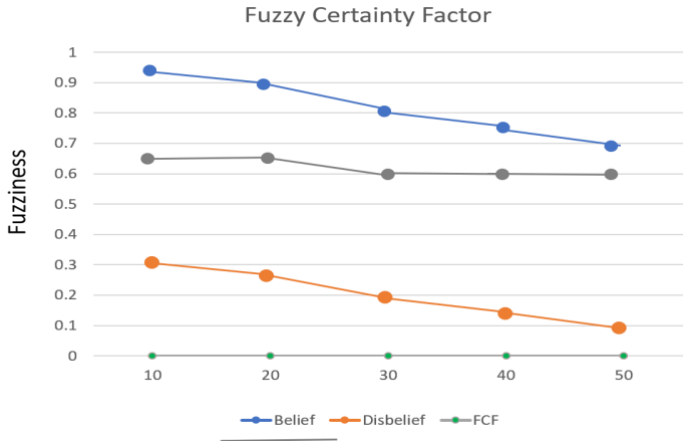
diketahui, bahwa nilai $\mu_A^{Belief}(x)$ dan $\mu_A^{Disbelief}(x)$ merupakan nilai keyakinan dan ketidakyakinan yang diberikan oleh pakar dalam suatu *evidence*.

Berikut contoh himpunan domain muda (*young)* untuk nilai *belief, disbelief,* dan *FCF* dideskripsikan sebagai berikut:

$$\mu_{young}^{FCF}(x) = \mu_{young}^{Belief}(x) - \mu_{young}^{Disbelief}(x).$$

$\mu_{young}^{FCF}(x)$ ={0.95/10+0.9/20+0.8/30+0.75/40+0.7/50-
0.3/10+0.25/20+0.2/30+0.15/40+0.1/50}

={0.65/10+0.65/20+0.6/30+0.6/40+0.6/50}



Gambar 2. 10 *Fuzzy Certainty Factor* dengan nilai *belief* dan *disbelief*

Metode *Fuzzy Certainty Factor* (FCF) menggunakan dua fungsi keanggotaan, dua fungsi keanggotaan yang dimaksud ialah nilai "*Belief"* dan "*disbelief"*. Sehingga untuk mendapatkan nilai akhir FCF harus ditentukan nilai "*Belief"* dan "*disbelief"* terlebih dahulu. Menurut Reddy (2017) pada dasarnya perhitungan metode FCF ini dapat dipelajari sebanding dengan logika fuzzy dengan *single membership function* yang dikemukakan oleh Lotfi A. Zadeh, perbedaannya ada dua fungsi keanggotaan yang harus dieliminasi untuk mendapatkan satu fungsi keanggotaan. Berikut adalah langkah perhitungan metode FCF.

2.6.1 Menentukan Himpunan *Fuzzy*

Sama halnya dengan perhitungan *fuzzy* dengan *single membership function*, tahap pertama dari perhitungan metode *Fuzzy Certainty Factor* (FCF) adalah dengan menentukan himpunan *fuzzy*. Himpunan fuzzy ini didasarkan pada tingkatan linguistiknya yang dikelompokkan dalam suatu variabel *fuzzy*. Pada setiap himpunan *fuzzy* tersebut ditentukan domain dan fungsi keanggotaan yang berikutnya digunakan untuk menentukan nilai keanggotaan (*membership* function) setiap himpunan *fuzzy* berdasarkan variabel inputnya yang merupakan bilangan real, dimana nilai keanggotaan tersebut terletak pada interval [0,1]. Terdapat dua fungsi keanggotaan yang harus ditentukan, yaitu nilai "*Belief"* (keyakinan) dan "*disbelief"* (ketidakyakinan) yang didapatkan dari representasi pengetahuan pakar.

2.6.2 Menentukan Aturan (Fungsi Implikasi)

Fungsi implikasi merupakan struktur logika yang menyatakan hubungan antara variabel *input* dan variabel *output*. 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. Dalam istilah logika fuzzy, proposisi yang mengikuti IF disebut dengan anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut dengan konsekuen. Proposisi atau aturan *fuzzy* ini dapat diperluas dengan menggunakan penghubung fuzzy AND (interseksi). Pada tahap ini juga dilakukan pengurangan nilai keanggotaan *belief* dengan nilai *disbelief* untuk mendapatkan nilai FCF. Apabila nilai FCF kurang dari atau sama dengan nol maka aturan atau *rule* tersebut akan ditolak (*rejected*) sehingga tidak akan dipakai (Reddy, 2020).

2.6.3 Menentukan Nilai FCF dengan *Conditional Inference*

Setelah mengurangi nilai MB dengan MD, maka proses selanjutnya adalah dengan menghitung nilai FCF dengan *Conditional Inference*. Terdapat 3 *Conditional Inference* yang dapat digunakan, yaitu Zadeh, Mamdani, dan Reddy. Pada penelitian ini menggunakan *Conditional Inference* dari Mamdani, yaitu dengan mencari nilai terkecil (min) dari anteseden dan konsekuen.

a. Inferensi Zadeh

$$A \rightarrow B = \{1, 1 - \mu_A(x) + \mu_B(y)\}/(x, y) \quad (2.17)$$

b. Inferensi Mamdani

$$A \rightarrow B = \{\mu_A(x)\ \mu_B(y)\}/(x, y) \quad (2.18)$$

c. Inferensi Reddy

$$A \rightarrow B = \{\mu_A(x)\ /(x, y) \quad (2.19)$$

2.6.4 Defuzzifikasi

Sama halnya dengan penghitungan *fuzzy* yang menggunakan satu fungsi keanggotaan, tahap terakhir dari penghitungan *fuzzy* yang memiliki dua fungsi keanggotaan ialah dengan Defuzzifikasi. 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 centroid adalah metode pengambilan keputusan dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy. Solusi tegas pada metode ini diperoleh dengan cara mengambil nilai titik pusat daerah *fuzzy*. Adapun secara umum metode centroid dituliskan dengan persamaan.

$$Z^* = \frac{\int_a^b z\mu(z)dz}{\int_a^b \mu(z)dz} \quad (2.20)$$

Dengan Z^* menyatakan nilai hasil defuzzifikasi atau titik pusat daerah fuzzy, $\mu(z)$ menyatakan nilai keanggotaan, dan $\int_a^b z\mu(z)\,dz$ menyatakan momen untuk semua daerah hasil komposisi aturan.

2.7 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk menguji keberhasilan fungsionalitas sistem serta akurasi dari hasil *output* perhitungan yang telah dibuat, pada penelitian ini menggunakan jenis pengujian akurasi.

2.7.1 Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengukur tingkat ketepatan hasil diagnosa sistem pakar dengan memasukkan data-data uji ke dalam sistem, mencatat hasil keluaran sistem, kemudian mencocokkan hasil tersebut dengan data set gejala dan penyakit yang telah didapatkan aturannya. Untuk mengukur tingkat akurasi sistem digunakan persamaan (2.21) sebagai berikut:

$$\text{Tingkat Akurasi} = \frac{Jumlah\ data\ uji\ yang\ sesuai\ hasil}{Jumlah\ seluruh\ data\ uji} \text{ x } 100\% \qquad (2.21)$$