

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORI**

#### **A. Epidemiologi Demam Berdarah *Dengue* (DBD)**

Demam berdarah *dengue* banyak ditemukan di daerah tropis dan subtropis. Data dari seluruh dunia menunjukkan Asia menempati urutan pertama dalam jumlah penderita demam berdarah *dengue* setiap tahunnya. Sementara itu, terhitung sejak tahun 1968 hingga tahun 2009, *World Health Organization* (WHO) mencatat negara Indonesia sebagai negara dengan kasus demam berdarah *dengue* tertinggi di Asia Tenggara. Di Indonesia demam berdarah pertama kali ditemukan di kota Surabaya pada tahun 1968, dimana sebanyak 58 orang terinfeksi dan 24 orang di antaranya meninggal dunia (Angka Kematian/AK= 41,3%). Sejak saat itu, penyakit ini menyebar luas ke seluruh Indonesia (Kementrian Kesehatan, 2010).

#### **1. Definisi dan Penyebab**

Demam berdarah *dengue* adalah penyakit menular yang disebabkan oleh virus *Dengue* yang ditularkan melalui nyamuk *Aedes* dan ditandai dengan demam mendadak 2-7 hari tanpa penyebab yang jelas, lemah atau lesu, gelisah, nyeri ulu hati, akral dingin, sering kali disertai pendarahan di kulit berupa bintik pendarahan, kadang-kadang mimisan, berak darah, muntah darah dan kesadaran menurun (Widoyono, 2008: 60-63).

Demam Berdarah Dengue (DBD) disebabkan oleh virus *dengue*. Virus ini termasuk dalam group B *Arthropod Borne Viruses* (*Arbovirusis*) kelompok

*Flavivirus* dari famili *Flaviviridae* yang terdiri dari empat serotipe yaitu virus dengue-1 (DEN1), virus dengue-2 (DEN2), virus dengue-3 (DEN3), virus dengue-4 (DEN4). Keempat jenis virus ini masing-masing saling berkaitan sifat antigennya dan dapat menyebabkan sakit pada manusia. Keempat tipe virus ini telah ditemukan di berbagai daerah di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengue-3 merupakan serotipe virus yang dominan menyebabkan gejala klinis berat dan penderita banyak yang meninggal (Fitriyani, 2007: 2-3).

## **2. Diagnosa**

Diagnosa penderita DBD menurut WHO (1997) memiliki kriteria sebagai berikut:

- a. Demam tinggi mendadak tanpa sebab yang jelas, berlangsung terus menerus selama 2-7 hari.
- b. Kecenderungan pendarahan yang dibuktikan dengan satu hal berikut: tes tourniket, petekie, ekimosis atau pupura, pendarahan dari mukosa, saluran gastrointestinal, tempat injeksi atau lokasi lain, hematenesis atau melena.
- c. Trombositopeni (trombosit  $100.000/\text{mm}^3$  atau kurang).
- d. Adanya rembesan plasma karena peningkatan permeabilitas vascular dengan manifestasi sekurang-kurangnya hematokrit meningkat 20% atau lebih.

Berdasarkan patokan tersebut, 87% penderita DBD dapat didiagnosa dengan tepat setelah dilakukan uji silang dengan pemeriksaan serologis di laboratorium (Fitriyani, 2007: 3).

Menurut WHO (1997), berdasarkan tingkat beratnya penyakit, gejala DBD terbagi atas 4 derajat (Bismi Rahma Putri, 2009: 4) :

- a. Derajat I (ringan), yaitu bila demam disertai dengan gejala konstitusional non spesifik, satu-satunya manifestasi pendarahan adalah tes tourniket positif dan mudah memar.
- b. Derajat II (sedang), yaitu bila pendarahan spontan selain manifestasi pasien pada Derajat I, biasanya pada bentuk pendarahan kulit atau pendarahan lain.
- c. Derajat III (berat), yaitu bila gagal sirkulasi dimanifestasikan dengan nadi cepat dan lemah serta penyempitan tekanan nadi atau hipotensi, dengan adanya kulit dingin lembab serta gelisah.
- d. Derajat IV (berat sekali), yaitu bila shock hebat dengan tekanan darah atau nadi tidak terdeteksi.

### 3. Vektor Penularan

#### a. Jenis Vektor

Vektor penularan penyakit DBD adalah nyamuk *Aedes*. Di Indonesia dikenal dua jenis nyamuk *Aedes* yaitu *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*.

Klasifikasi nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* (Knight and Stone, 1997) disajikan dalam Tabel 1. (Soedarto, 2012: 62-63) :

Tabel 1. Klasifikasi Nyamuk *Aedes*

Klasifikasi	<i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes albopictus</i>
Kingdom	Animalia	Animalia
Phylum	Arthropoda	Arthropoda

Klasifikasi	<i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes albopictus</i>
Class	Insecta	Insecta
Order	Diptera	Diptera
Famili	Culicidae	Culicidae
Subfamili	Culicinae	Cilicinae
Genus	Aedes	Aedes
Species	<i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes albopictus</i>

## b. Morfologi

Nyamuk *Aedes aegypti* dikenal aktif menggigit, terutama pada pagi atau sore hari, dalam beberapa menit bisa terjadi gigitan kepada beberapa orang sehingga nyamuk ini tergolong mempunyai daya tular yang sangat aktif (Bismi Rahma Putri, 2009:3).

Menurut Soedarmo (1988), ciri-ciri nyamuk *Aedes aegypti* adalah sebagai berikut (Bismi Rahma Putri, 2009: 3):

- 1) Badan kecil, nyamuk *Aedes aegypti* dewasa berukuran lebih kecil bila dibandingkan dengan rata-rata nyamuk lain, warna hitam dengan bintik-bintik putih dibadan, kaki, dan sayapnya.
- 2) Hidup di dalam dan sekitar rumah, dengan jarak terbang 50-100 mil (Kesumawati, 2009).
- 3) Menggigit dan menghisap darah terutama pada siang hari.
- 4) Senang hinggap pada pakaian yang bergantung dan di tempat yang gelap.
- 5) Bersarang dan bertelur di genangan air jernih di dalam dan di sekitar rumah.

### c. Siklus Hidup

*Aedes aegypti* mengalami metamorfosis yang sempurna melalui empat stadium, yaitu telur, larva, pupa, dan dewasa. Tiga stadium mulai dari telur, larva atau jentik, dan pupa dalam air, sedangkan nyamuk dewasa adalah serangga terbang yang aktif mencari darah (Bismi Rahma Putri, 2009: 3).

Berikut ini adalah empat stadium nyamuk *Aedes aegypti* pada siklus hidupnya yaitu:

#### 1) Stadium Telur

Telur *Aedes aegypti* berwarna hitam dan gelap dengan ukuran  $\pm 0,80$  mm, bentuk oval dan menempel pada dinding tempat penampungan air. Telur sangat sensitif pada suhu rendah. Telur tidak dapat hidup pada suhu  $10^{\circ}\text{C}$ , tetapi dapat tahan terhadap kekeringan. Telur dapat bertahan lebih dari satu tahun pada suhu  $21^{\circ}\text{C}$ . Telur sering menetas secara bersamaan menjadi jentik pada suhu optimum  $25^{\circ}\text{-}27^{\circ}\text{C}$  di dalam air (Bismi Rahma Putri, 2009: 3).

#### 2) Stadium Jentik/Larva

Perkembangan jentik dipengaruhi oleh suhu air, kepadatan populasi dan tersedianya makanan. Jentik akan menjadi pupa atau kepompong dalam waktu 4-8 hari pada suhu  $20^{\circ}\text{-}30^{\circ}\text{C}$ , dan akan mati pada suhu  $10^{\circ}\text{C}$  dan suhu  $36^{\circ}\text{C}$ , serta dapat bertahan pada tanah yang lembab selama 13 hari. Secara mikroskopis jentik *Aedes aegypti* dapat dikenal dari gerakannya yang cepat dan membengkok-bengkokkan tubuh, bergerak menghindari

cahaya bila di soroti cahaya atau senter dan sangat tahan lama dibawah permukaan air ditempat perindukannya (Fitriyani, 2007: 4).

3) Stadium Pupa/Kepompong

Larva/jentik menjadi kepompong memerlukan waktu sekitar 1,5-2,5 hari. Beberapa pupa atau kepompong dapat hidup pada temperatur air 47°C selama 5 menit dan 82-100% dapat hidup pada temperatur 4,5°C selama 24 jam (Bismi Rahma Putri, 2009: 3).

4) Stadium Dewasa

Siklus hidup pupa/kepompong berubah menjadi dewasa berlangsung 1-5 hari dan dapat hidup lebih kurang 50 hari. Perkawinan dilakukan 24-28 jam setelah nyamuk menjadi dewasa. Nyamuk betina dapat memproduksi telur 50-500 butir pada pertama kali bertelur. Nyamuk dewasa akan mati pada suhu 6°C jika terpapar selama 24 jam, atau pada suhu 36°C jika terpapar terus-menerus. Suhu yang baik untuk nyamuk dewasa adalah 26°C. Variasi lamanya umur nyamuk dipengaruhi oleh temperatur, kelembaban, makanan, dan aktivitas reproduksi. Pada suhu 10°C dan kelembaban relatif 100%, nyamuk dewasa dapat hidup selama 30 hari tanpa makan dan minum. Nyamuk betina mulai menghisap darah pada hari kedua atau ketiga setelah menjadi nyamuk dewasa. Umur nyamuk betina dewasa dapat bertahan hidup selama 102 hari (Bismi Rahma Putri, 2009: 3).

## **B. Faktor yang Berhubungan dengan Kejadian DBD**

Menurut WHO, faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian penyakit DBD, antara lain faktor host, lingkungan (*environment*), dan faktor virusnya sendiri. Faktor host yaitu kerentanan (*susceptibility*) dan respon imun. Faktor lingkungan (*environment*) yaitu kondisi geografis (ketinggian dari permukaan air laut, curah hujan, kecepatan angin, kelembaban udara, musim), kondisi geografis ini juga dipengaruhi oleh kondisi demografis (kepadatan penduduk, mobilitas penduduk, perilaku, adat istiadat, dan sosial ekonomi penduduk) (Lizda Iswari, 2008: E-79).

### **1. Faktor Agent (Penyebab)**

Agent (penyebab penyakit) yaitu semua unsur atau elemen hidup dan mati yang kehadiran atau ketidakhadirannya, apabila di ikuti dengan kontak yang efektif dengan manusia rentan dalam keadaan yang memungkinkan akan menjadi stimulus untuk mengisi dan memudahkan terjadinya suatu proses penyakit. Dalam hal ini yang menjadi agent dalam penyebaran penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) adalah virus *Dengue* (Fitriyani, 2007: 4).

### **2. Faktor Host (Penjamu)**

Host (Penjamu) yang dimaksud adalah penderita penyakit DBD. Faktor host (penjamu) antara lain umur, ras, sosial ekonomi, cara hidup, status perkawian, hereditas, nutrisi dan imunitas. Beberapa penyebab faktor penjamu (Bismi Rahma Putri, 2009: 4):

- a. Kelompok umur akan berpengaruh terhadap penularan penyakit. Beberapa penelitian yang telah dilakuakn menunjukkan bahwa kelompok umur yang paling banyak diserang DBD adalah kelompok <15 tahun, yang sebagian besar merupakan usia sekolah.
- b. Kondisi sosial ekonomi akan mempengaruhi perilaku manusia dalam mempercepat penularan penyakit DBD, seperti kurangnya pendingin ruangan (AC) di daerah tropis membuat masyarakat duduk-duduk diluar rumah pada pagi dan sore hari. Waktu pagi dan sore tersebut merupakan saat nyamuk *Aedes aegypti* mencari mangsanya.
- c. Tingkat kepadatan penduduk. Penduduk yang padat akan memudahkan penularan DBD karena berkaitan dengan jarak terbang nyamuk sebagai vektornya. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kejadian epidemi DBD banyak terjadi pada daerah yang berpenduduk padat.
- d. Imunitas adalah daya tahan tubuh terhadap benda asing atau sistem kekebalan. Jika sistem kekebalan tubuh rendah atau menurun, maka dengan mudah tubuh akan terserang penyakit.
- e. Status gizi diperoleh dari nutrisi yang diberikan. Secara umum kekurangan gizi akan berpengaruh terhadap daya tahan dan respons imunologis terhadap penyakit.

### **3. Faktor Lingkungan**

Faktor lingkungan yang diklasifikasikan atas empat komponen yaitu lingkungan fisik, lingkungan kimia, lingkungan biologi dan lingkungan sosial.

a. Lingkungan Fisik

Lingkungan fisik mencakup keadaan iklim yang terdiri dari curah hujan, kelembaban udara, suhu udara, kecepatan angin, sinar matahari, dan ketinggian tempat. Lingkungan fisik berpengaruh langsung terhadap komposisi spesies vektor habitat perkembangan nyamuk sebagai vektor, populasi, longivitas dan penularannya.

1) Curah Hujan

Curah hujan mempunyai kontribusi dalam tersedianya habitat vektor. Curah hujan akan menambah genangan air sebagai tempat perindukan nyamuk. Pengaruh curah hujan terhadap vektor bervariasi, tergantung pada jumlah curah hujan, suhu udara, kelembaban udara, frekuensi hari hujan, keadaan geografis dan tempat penampungan air yang merupakan sebagai tempat perkembangbiakan nyamuk. Di Asia Tenggara Di temukan hubungan yang kuat antara curah hujan dan *insident dengue*. Biasanya puncak transmisi diketahui pada bulan-bulan dengan curah hujan tinggi dengan temperatur tinggi, karena pada prinsipnya habitat laarva *Aedes aegypti* adalah tersedianya *water storage container*. Pada beberapa tempat penyakit *Dengue* datang sebelum tiba musim hujan dan meningkat saat peralihan musim (Fitriyani, 2007: 5).

2) Kelembaban Udara

Kelembaban nisbi merupakan faktor yang membatasi bagi pertumbuhan, penyebaran dan umur nyamuk. Hal ini erat kaitannya dengan sistem

pernafasan trakea, sehingga nyamuk sangat rentan terhadap kelembaban rendah. Spesies nyamuk yang mempunyai habitat hutan lebih rentan terhadap perubahan kelembaban dari pada spesies yang mempunyai habitat iklim kering (Fitriyani, 2007: 5-6).

### 3) Temperatur Udara

Temperatur udara merupakan salah satu pembatas antara penyebaran hewan. Suhu berpengaruh pada daur hidup, kelangsungan hidup, pertumbuhan dan perkembangannya. Adaptasi suatu spesies terhadap keadaan suhu udara yang tinggi dan rendah akan mempengaruhi sebaran geografis spesies tersebut. Siklus gonotropik atau perkembangan telur, umur dan proses pencemaran nyamuk dipengaruhi oleh temperatur. Kondisi lingkungan dengan temperatur 27°-30°C dalam waktu yang lama akan mengurangi populasi vektor (Fitriyani, 2007: 5).

### 4) Kecepatan Angin

Kecepatan angin secara tidak langsung mempengaruhi suhu udara dan kelembaban udara. Pengaruh langsung dari kecepatan angin yaitu kemampuan terbang. Apabila kecepatan angin 11-14 m/detik akan menghambat aktivitas terbang nyamuk. Nyamuk *Aedes aegypti* mempunyai jarak terbang paling efektif 50-100 mil atau 81-161 km (Fitriyani, 2007: 6).

### 5) Sinar Matahari

Pada umumnya sinar matahari berpengaruh terhadap aktivitas nyamuk dalam mencari makan dan beristirahat. Spesies nyamuk mempunyai variasi

dalam pilihan intensitas cahaya untuk aktivitas terbang, aktivitas mengigit dan pilihan tempat istirahat (Fitriyani, 2007: 6).

#### 6) Ketinggian Tempat

Nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor penyakit DBD hidup pada ketinggian 0-500 meter dari permukaan dengan daya hidup yang tinggi, sedangkan pada ketinggian 1000 meter dari permukaan laut nyamuk *Aedes aegypti* idealnya masih bisa bertahan hidup. Ketinggian 1000-1500 meter dari permukaan laut pada daerah Asia Tenggara merupakan batas penyebaran nyamuk *Aedes aegypti*. Namun di daerah Amerika Latin nyamuk masih bisa bertahan pada ketinggian 2200 meter dari permukaan laut dengan suhu 17°C (Bismi Rahma Putri, 2009: 5).

#### b. Lingkungan Kimia

Air adalah materi yang sangat penting dalam kehidupan. Tidak ada satupun makhluk hidup yang dapat hidup tanpa air. Air merupakan habitat nyamuk pradewasa. Air berperan penting terhadap perkembangbiakan nyamuk. Penyakit dapat dipengaruhi oleh perubahan penyediaan air. Salah satu diantaranya adalah infeksi yang ditularkan oleh serangga yang bergantung pada air (*water related insect vector*) seperti *Aedes aegypti* dapat berkembangbiak pada air dengan pH normal 6,5-9 (Fitriyani, 2007: 6).

#### c. Lingkungan Biologi

Lingkungan biologi berpengaruh terhadap resiko penularan penyakit menular. Hal yang berpengaruh antara lain jenis parasit, status kekebalan

tubuh penduduk, jenis dan populasi serta potensi vektor dan adanya predator dan populasi hewan yang ada (Fitriyani, 2007: 6).

#### d. Lingkungan Sosial Ekonomi

Menurut Andriani (2001) secara umum faktor berkaitan dengan lingkungan sosial ekonomi adalah (Bismi Rahma Putri, 2009: 6):

- 1) Kepadatan penduduk, akan mempengaruhi ketersediaan makanan dan kemudahan dalam penyebaran penyakit.
- 2) Kehidupan sosial seperti perkumpulan olahraga, fasilitas kesehatan, fasilitas pendidikan, fasilitas ibadah dan lain sebagainya.
- 3) Stratifikasi sosial berdasarkan tingkat pendidikan, pekerjaan, etnis dan sebagainya.
- 4) kemiskinan, biasanya berkaitan dengan malnutrisi, fasilitas yang tidak memadai, secara tidak langsung merupakan faktor penunjang dalam proses penyebaran penyakit menular.
- 5) Keberadaan dan ketersediaan fasilitas kesehatan.

#### C. Kasus DBD di Wilayah DIY

DIY kembali mengalami kasus luar biasa (KLB) DBD pada tahun 2013. Angka yang didapatkan dari seksi penanggulangan penyakit (P2) menunjukkan bahwa angka kesakitan atau *incidence rate* (IR) DBD meningkat tajam menjadi 90,70/100.000 penduduk pada tahun 2013. Tetapi pada tahun 2014 mengalami sedikit penurunan. Angka ini jauh lebih tinggi dibandingkan

dengan angka nasional 18/100.000 penduduk (Profil Dinas Kesehatan DIY, 2014).

Peningkatan angka kematian atau *case fatality rate* (CFR) DBD terjadi pada tahun 2010 sebesar 0,64/100.000 penduduk, seiring dengan peningkatan tajam angka IR DBD pada tahun tersebut. Meskipun begitu trend CFR penyakit DBD di DIY terlihat menurun pada tahun 2010. Pada tahun 2011, angka CFR penyakit DBD sebesar 0,5/100.000 penduduk. Pada tahun 2012, CFR akibat penyakit DBD turun menjadi 0,21/100.000 penduduk. CFR DBD di DIY tahun 2013 adalah 0,51% masih lebih rendah dibandingkan CFR DBD pada tingkat nasional 0,89%. Jumlah kematian pada tahun 2014 mengalami penurunan (13 orang) (Profil Dinas Kesehatan DIY, 2014).

Jumlah kasus DBD paling banyak ditemukan di Kota Yogyakarta (235,44/100.000 penduduk). Sementara itu, jumlah kasus DBD paling sedikit ditemukan di Kabupaten Kulon Progo (34,97/100.000 penduduk). Kasus DBD pada tahun 2014 tercatat paling sedikit di Kabupaten Kulon Progo (124 kasus), sedangkan kasus di Kota Yogyakarta (411 kasus), Kabupaten Bantul (555 kasus), Kabupaten Sleman (538 kasus), dan Kabupaten Gunung Kidul (327 kasus) (Profil Dinas Kesehatan DIY, 2014).

Angka IR maupun CFR DBD di DIY masih memiliki kemungkinan untuk meningkat. Alasannya, faktor risiko penularan penyakit DBD di DIY masih tinggi di masyarakat. Angka bebas jentik di DIY pada tahun 2012 adalah 91,81%. Angka ini telah mengalami peningkatan dibandingkan tahun

2011 (76,85%). Meskipun begitu, angka ini masih berada dibawah standard minimal yang seharusnya (95%) (Profil Dinas Kesehatan DIY, 2014).

#### **D. Penelitian-Penelitian Terdahulu**

Demam berdarah *dengue* (DBD) merupakan salah satu penyakit menular yang sampai saat ini masih menjadi masalah kesehatan masyarakat dan merupakan penyakit berbahaya yang dapat menyebabkan kematian. Wilayah rawan penyakit DBD dapat di tentukan dengan mengetahui faktor-faktornya. Terdapat beberapa penelitian yang membahas tentang DBD yang hasilnya memberikan informasi dalam penentuan wilayah rawan DBD. Penelitian ini didasarkan pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan terdahulu sebagai referensi. Penelitian tersebut antara lain:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Lizda Iswari (2008), tentang pemanfaatan sistem *inferensi fuzzy* dalam pengelolaan peta tematik (studi kasus: sistem informasi geografis daerah rawan demam berdarah). *Input* yang digunakan sebagai masukan adalah curah hujan, jumlah penduduk, sarana kesehatan, dan frekuensi DBD dengan *output* berupa peta yang memberikan informasi terkait penyebaran DBD berdasarkan gradiasi warna yang diperoleh dari proses *inferensi fuzzy*. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah data yang tidak pasti atau tegas menjadi data penentu untuk mewarnai peta digital penyebaran DBD sesuai objek dilapangan menggunakan sistem *inferensi fuzzy*. Metode yang digunakan adalah metode *fuzzy* Tsukamoto.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Putu Dody Lesmana, Faiqatul Hikmah dan Beni Widiawan (2015), tentang sistem informasi geografis pencegahan dini penyebaran demam berdarah di Kabupaten Jember menggunakan metode *fuzzy*. *Input* yang digunakan yaitu curah hujan, jumlah hari hujan, angka bebas jentik, dan *house index* dengan *output* adalah potensi DBD ringan, sedang, dan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi penyebaran DBD di suatu wilayah. Metode yang digunakan adalah metode fuzzy dengan tingkat akurasi potensi DBD sebesar 77%.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Fitriyani (2007), tentang penentuan wilayah rawan demam berdarah dengue di Indonesia dan analisis pengaruh pola hujan terhadap tingkat serangan (studi kasus: Kabupaten Indramayu). *Input* yang digunakan yaitu curah hujan, jumlah penduduk, jumlah kasus DBD, dan peta wilayah kajian dengan *output* berupa indeks kerawanan suatu wilayah yaitu agak aman, agak rawan, rawan, dan sangat rawan. Menggunakan Metode analisis dengan bantuan aplikasi *Microsoft Office* dan *ArcView 3.3*.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Hendra Lukito (2007), tentang perumusan pola penyebaran demam berdarah melalui data mining pada database Dinas Kesehatan DKI Jakarta. *Input* yang digunakan adalah suhu udara, curah hujan, penyinaran matahari dan kelembaban udara dengan *output* berupa aturan-aturan dengan kaidah IF-THEN. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan suatu sistem peringatan dini prediksi meledaknya DBD dan

cara penanggulangannya. Metode yang digunakan adalah *Classification Based on Predictive Association Rules* (CPAR) dengan sistem pakar berbasis logika *fuzzy* menggunakan *inferensi fuzzy* Mamdani.

5. Penelitian yang dilakukan oleh Gemasakti Adzan dan Projo Danoedoro (2012), tentang penggunaan logika *fuzzy* dalam pemodelan spasial kerentanan DBD di Kota Yogyakarta. *Input* yang digunakan adalah tingkat kepadatan bangunan, persentase tutupan vegetasi, curah hujan, kepadatan penduduk, dan *house index* dengan *output* berupa tingkat kerentanan DBD yaitu tidak rentan, rendah, sedang, dan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan logika *fuzzy* sebagai metode analisis dalam pemodelan spasial tingkat kerentanan DBD di Kota Yogyakarta. Metode yang digunakan adalah metode operator *fuzzy* AND, OR, SUM, PRODUCT, dan Akar Perkalian dengan tingkat akurasi berturut-turut 46,4%, 2,97%, 2,56%, 17,04%, dan 11,9%.
6. Penelitian yang dilakukan oleh Munika Zahra Chasanah (2016), tentang analisis tingkat kerawanan penyakit demam berdarah dengue (DBD) di Kecamatan Gondokusuman Kota Yogyakarta dengan berbantuan sistem informasi geografis. *Input* yang digunakan adalah kepadatan penduduk, kepadatan permukiman, pola permukiman, jarak terhadap TPSS, jarak terhadap TPU, dan jarak terhadap sungai dengan *output* berupa tingkat kerawanan penyakit DBD yaitu sangat rawan, rawan, dan tidak rawan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerawanan dan pola sebaran

penyakit DBD serta mengetahui variabel yang paling berpengaruh terhadap daerah rawan penyakit DBD. Metode yang digunakan adalah teknik *scoring* dan teknik SIG (*buffer* dan *overlay*) untuk menentukan tingkat kerawanan DBD, teknik *nearest neighbor analyze* untuk menentukan pola penyebaran penyakit DBD dengan tingkat akurasi sebesar 74,84%.

7. Penelitian yang dilakukan oleh Purnama, Cucu Suhery, dan Dedi Triyanto (2015), tentang implementasi logika *fuzzy* dalam pengolahan peta tematik daerah rawan penyakit demam berdarah (studi kasus: Kota Pontianak). *Input* yang digunakan adalah suhu udara, curah hujan, kelembaban udara, kepadatan penduduk, jumlah sarana kesehatan, dan frekuensi DBD dengan *output* berupa status kerawanan DBD yaitu, tidak rawan, rawan, dan sangat rawan. Metode yang digunakan adalah metode *fuzzy* Sugeno dengan tingkat keakuratan sebesar 90,64%.

#### **E. Himpunan *Fuzzy***

Teori himpunan *fuzzy* merupakan pengembangan dari himpunan tegas (*crisp*). Teori himpunan *fuzzy* diperkenalkan pertama kali oleh Lotfi Zadeh, seorang professor dari Universitas California di Barkley pada awal tahun 1965 (Setiadji, 2009: 1).

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan untuk setiap  $x$  dalam suatu himpunan *fuzzy*  $A$ , yang sering ditulis dengan  $\mu_A(x)$  dan memiliki 2 kemungkinan, yaitu (Sri Kusumadewi, 2003: 156):

$$\mu_A = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \in A \\ 0 & \text{jika } x \notin A \end{cases}$$

Dalam himpunan *fuzzy* keberadaan suatu elemen tidak lagi bernilai benar atau salah, tetapi akan selalu bernilai benar jika mempunyai derajat keanggotaan yang berada dalam rentang [0,1] (Klir dan Yuan, 1995: 75).

**Definisi 2.1** (Wang, 1997: 21).

Sebuah himpunan *fuzzy*  $A$  pada himpunan universal  $U$  dinyatakan dengan fungsi keanggotaan  $\mu_A(x)$  yang terletak pada rentang [0,1].

Suatu himpunan *fuzzy*  $A$  didalam  $U$  juga direpresentasikan sebagai himpunan pasangan berurutan dari generik  $x$  dan fungsi keanggotaan, yaitu (Wang, 1997: 22):

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in U\}$$

dengan  $\mu_A(x)$  adalah fungsi keanggotaan.

Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut, yaitu (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 6):

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami.

**Contoh 2.1**

Pada variabel sarana kesehatan yang dapat dikategorikan menjadi sedikit, sedang, dan banyak.

2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel.

### **Contoh 2.2**

Pada variabel ketinggian wilayah diperoleh data 150, 370, dan 680 yang menyatakan ketinggian suatu wilayah dari permukaan laut.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* yaitu (Sri Kusumadewi, 2003: 158-160):

#### 1. Variabel *Fuzzy*

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

### **Contoh 2.3**

Curah hujan, jumlah hari hujan, angka bebas jentik, sarana kesehatan, jumlah penduduk dan sebagainya merupakan variabel *fuzzy*.

#### 2. Himpunan *Fuzzy*

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

### **Contoh 2.4**

Variabel sarana kesehatan terbagi menjadi tiga himpunan *fuzzy*, yaitu sedikit, sedang, dan banyak.

#### 3. Semesta Pembicaraan

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

maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

### **Contoh 2.5**

Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur  $[0 \ 40]$ .

#### 4. Domain

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

### **Contoh 2.6**

Domain himpunan *fuzzy* untuk variabel temperatur udara adalah dingin =  $[0 \ 20]$ , normal =  $[20 \ 30]$ , panas =  $[30 \ 40]$ .

## **F. Fungsi Keanggotaan**

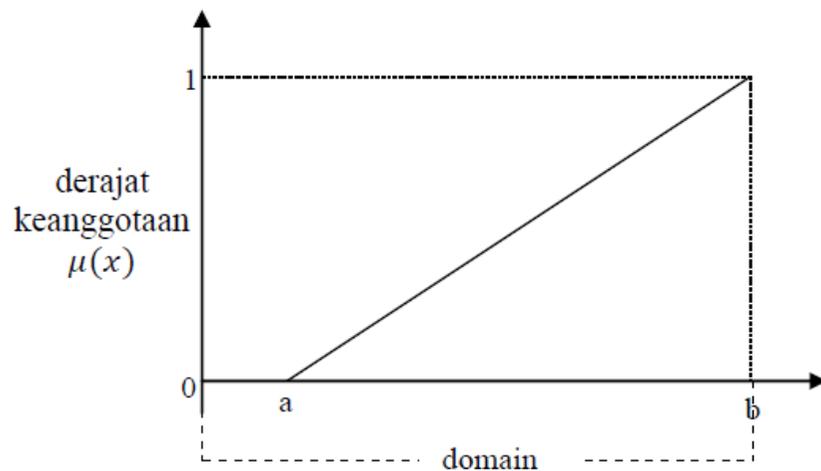
Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan, yaitu (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 8):

#### 1. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear, yaitu (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 9-10):

a. Representasi Linear Naik

Representasi linear naik dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi. Grafik representasi linear naik ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik Representasi Linear Naik

Fungsi Keanggotaan:

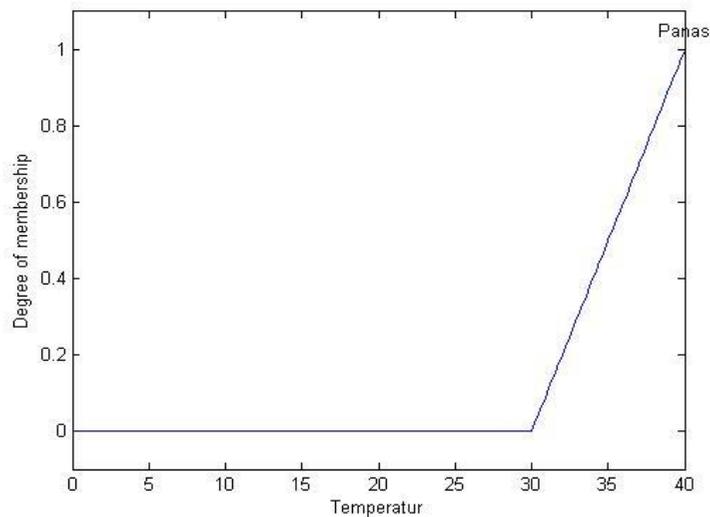
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ \frac{(x - a)}{(b - a)} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; x \geq b \end{cases}$$

Contoh 2.7

Fungsi keanggotaan untuk himpunan *fuzzy* panas pada variabel temperatur dengan himpunan universal  $U = [0 \ 40]$ .

$$\mu_{panas}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 30 \\ \frac{(x-30)}{10} & ; 30 \leq x \leq 40 \\ 1 & ; x \geq 40 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Himpunan *Fuzzy* Panas pada Variabel Temperatur dengan  $U = [0 \ 40]$

Misalkan, x derajat keanggotaan temperatur 35 pada himpunan *fuzzy* panas adalah

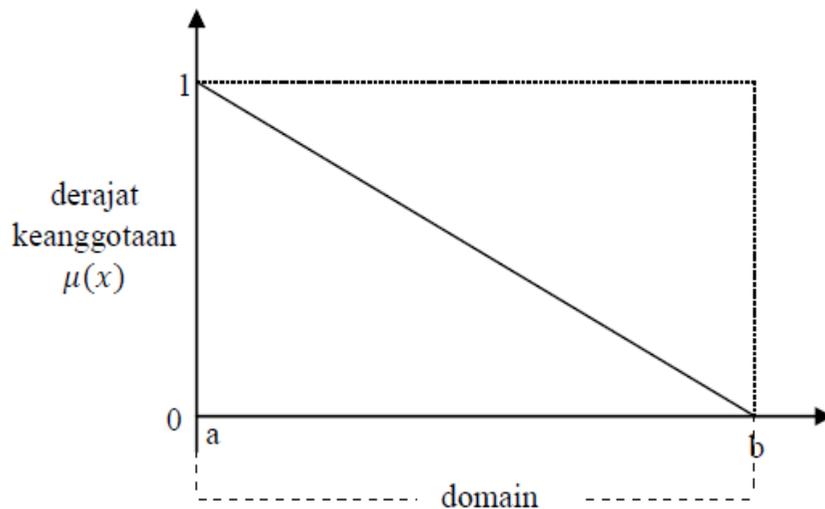
$$\mu_{panas}(35) = \frac{40-35}{10} = \frac{5}{10} = 0,5$$

b. Representasi Linear Turun

Representasi linear turun merupakan kebalikan dari representasi linear

naik. 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.

Grafik representasi linear turun ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik Representasi Linear Turun

Fungsi Keanggotaan:

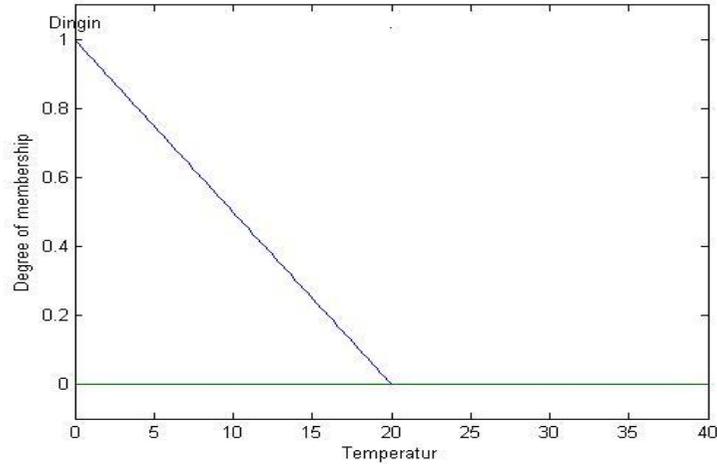
$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)} & ; \quad a \leq x \leq b \\ 0 & ; \quad x \geq b \end{cases}$$

Contoh 2.8

Fungsi keanggotaan linear turun untuk himpunan *fuzzy* dingin pada variabel temperatur dengan himpunan unuversal  $U = [0 \ 40]$ .

$$\mu_{dingin}(x) = \begin{cases} \frac{(20-x)}{20} & ; \quad 0 \leq x \leq 20 \\ 0 & ; \quad x \geq 20 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.



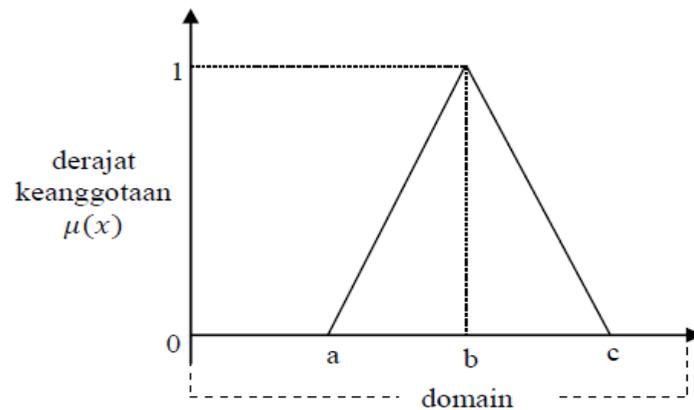
**Gambar 4.** Himpunan *Fuzzy* Dingin pada Variabel Temperatur dengan  $U = [0\ 40]$

Misalkan, derajat keanggotaan temperatur 7 pada himpunan *fuzzy* dingin adalah

$$\mu_{dingin}(7) = \frac{20-7}{20} = \frac{13}{20} = 0,65$$

## 2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis linear. Grafik kurva segitiga ditunjukkan pada Gambar 5 (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 11-12):



**Gambar 5.** Grafik Representasi Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan:

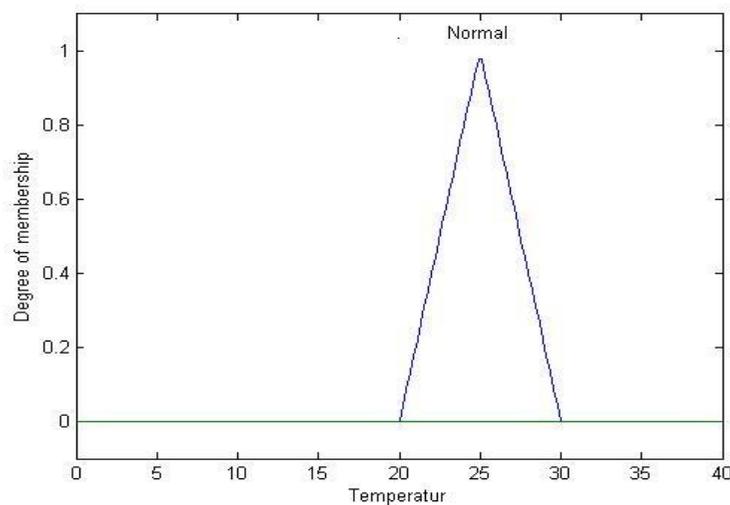
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; \quad a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & ; \quad b \leq x \leq c \end{cases}$$

Contoh 2.9

Fungsi keanggotaan segitiga untuk himpunan *fuzzy* normal pada variabel temperatur udara dengan himpunan universal  $U = [0 \ 40]$ .

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 20 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{(x-20)}{5} & ; \quad 20 \leq x \leq 25 \\ \frac{(30-x)}{5} & ; \quad 25 \leq x \leq 30 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



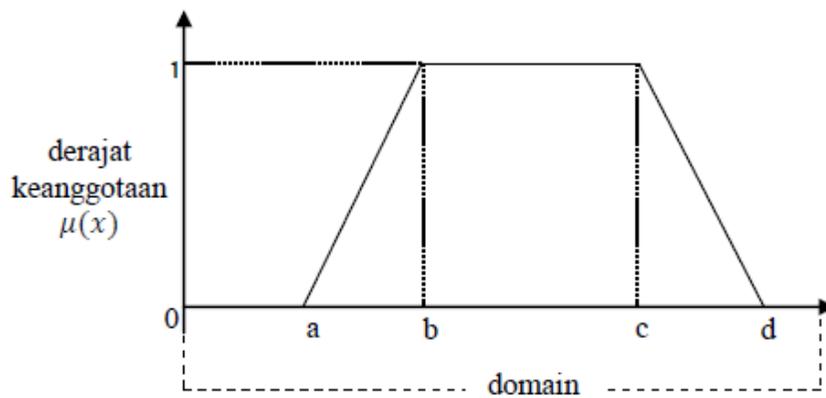
**Gambar 6.** Himpunan *Fuzzy* Normal pada Variabel Temperatur dengan  $U = [0 \ 40]$

Misalkan, derajat keanggotaan temperatur 27 udara pada himpunan *fuzzy* normal adalah

$$\mu_{normal}(27) = \frac{30-27}{5} = \frac{3}{5} = 0,6$$

### 3. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti kurva segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Grafik representasi kurva trapesium ditunjukkan pada Gambar 7 (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 12-13):



**Gambar 7.** Grafik Representasi Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan:

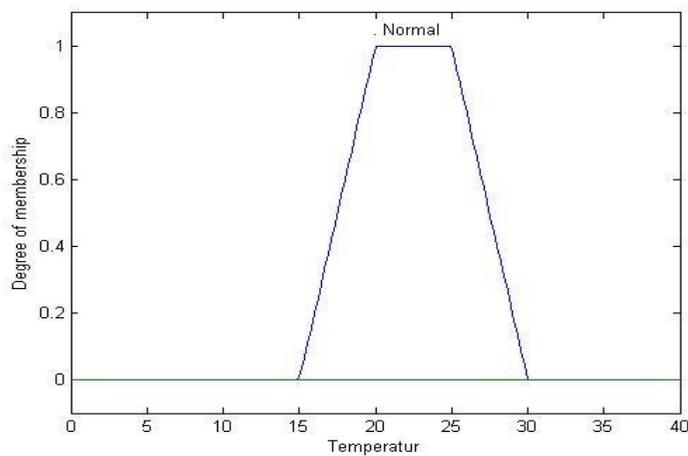
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & ; x \geq d \end{cases}$$

Contoh 2.10

Fungsi keanggotaan trapesium untuk himpunan *fuzzy* normal pada variabel temperatur udara dengan himpunan universal  $U = [0 \ 40]$ .

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 15 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{(x-15)}{5} & ; \quad 15 \leq x \leq 20 \\ 1 & ; \quad 20 \leq x \leq 25 \\ \frac{(30-x)}{5} & ; \quad x \geq 30 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Himpunan *Fuzzy* Normal pada Variabel Temperatur dengan  $U = [0 \ 40]$

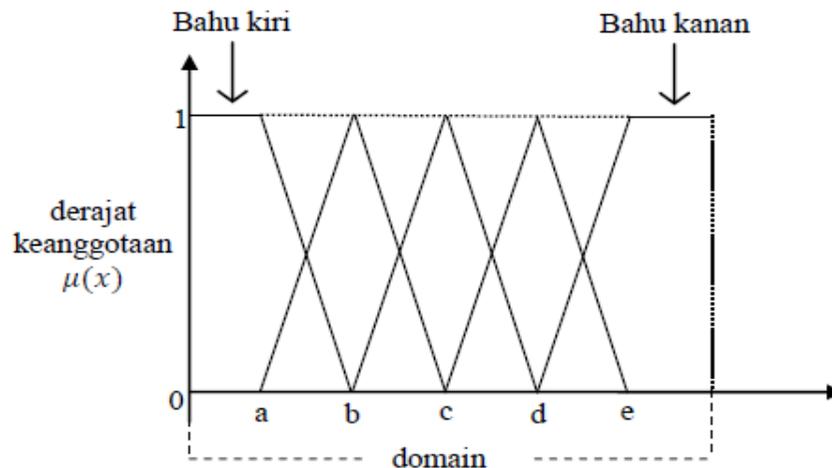
Misalkan, derajat keanggotaan temperatur 17 pada himpunan *fuzzy* normal adalah

$$\mu_{normal}(17) = \frac{17-15}{5} = \frac{2}{5} = 0,4$$

#### 4. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Representasi kurva bahu merupakan representasi dimana daerah terletak di tengah-tengah suatu variabel yang di representasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan: pada variabel temperatur udara, 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. Grafik representasi kurva bentuk bahu ditunjukkan pada Gambar 9 (Sri Kusumadewi, 2003: 165):



**Gambar 9.** Grafik Representasi Kurva Bentuk Bahu

Pada fungsi keanggotaan representasi kurva bentuk bahu merupakan gabungan antara fungsi linear naik, fungsi linear turun, dan fungsi segitiga. Banyaknya  $a, b, c, d, e, \dots$  tergantung pada banyaknya himpunan *fuzzy* yang akan direpresentasikan.

Contoh 2.11

Fungsi keanggotaan kurva bahu pada variabel temperatur udara dengan himpunan universal  $U = [0 \ 40]$ .

$$\mu_{dingin}(x) = \begin{cases} 1; & 0 \leq x \leq 5 \\ \frac{20-x}{15}; & 5 \leq x \leq 20 \\ 0; & x \geq 20 \end{cases}$$

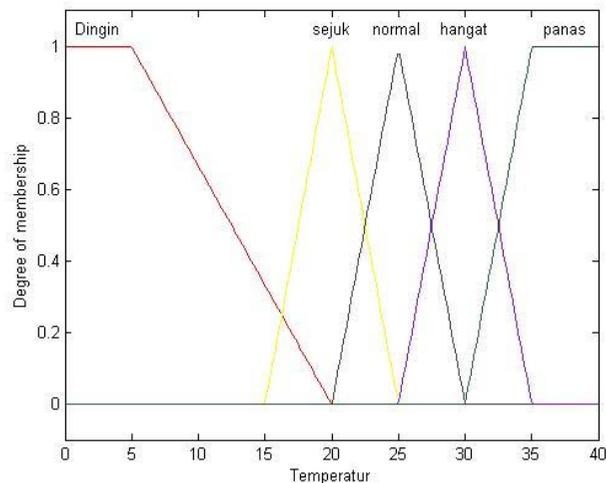
$$\mu_{sejuk}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 15 \text{ atau } x \geq 25 \\ \frac{x-15}{5}; & 15 \leq x \leq 20 \\ \frac{25-x}{5}; & 20 \leq x \leq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 20 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{x-20}{5}; & 20 \leq x \leq 25 \\ \frac{30-x}{5}; & 25 \leq x \leq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{hangat}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \text{ atau } x \geq 35 \\ \frac{x-25}{5}; & 25 \leq x \leq 30 \\ \frac{35-x}{5}; & 30 \leq x \leq 35 \end{cases}$$

$$\mu_{panas}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 30 \\ \frac{x-30}{5}; & 30 \leq x \leq 35 \\ 1; & 35 \leq x \leq 40 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Variabel Temperatur dengan  $U = [0 \ 40]$

Misalkan,  $x$  derajat keanggotaan 23 pada variabel temperatur adalah

$$\mu_{sejuk}(23) = \frac{25-23}{5} = \frac{2}{5} = 0,4$$

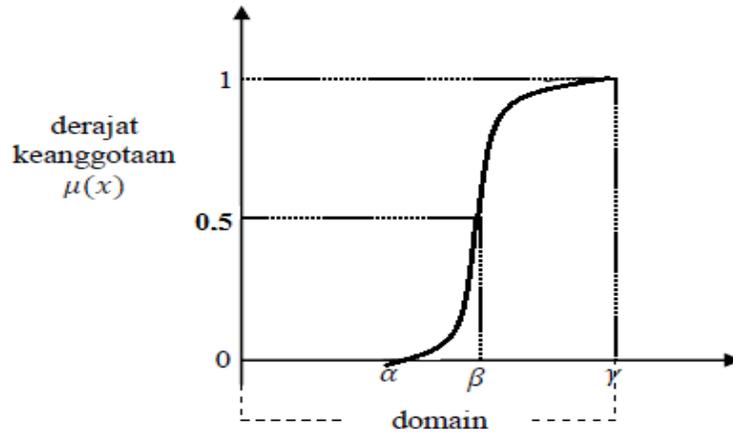
$$\mu_{normal}(23) = \frac{23-20}{5} = \frac{3}{5} = 0,6$$

## 5. Representasi Kurva-S

Kurva-S atau kurva *sigmoid* didefinisikan menggunakan tiga parameter, yaitu  $\alpha$  dengan nilai keanggotaan nol,  $\gamma$  dengan nilai keanggotaan lengkap, dan  $\beta$  titik infleksi atau *crossover* yaitu titik yang memiliki dominan 0,5 benar. Fungsi keanggotaan pada kurva-S akan bertumpu pada 0,5 derajat keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi. Terdapat dua kemungkinan kurva-S, yaitu kurva pertumbuhan dan kurva penyusutan yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 15-17).

### a. Kurva Pertumbuhan

Kurva-S untuk pertumbuhan akan bergerak dari sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) ke sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1). Kurva pertumbuhan didefinisikan dengan menggunakan tiga parameter yaitu  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ . Grafik representasi kurva-S pertumbuhan ditunjukkan pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Grafik Representasi Kurva-S Pertumbuhan

Fungsi Keanggotaan:

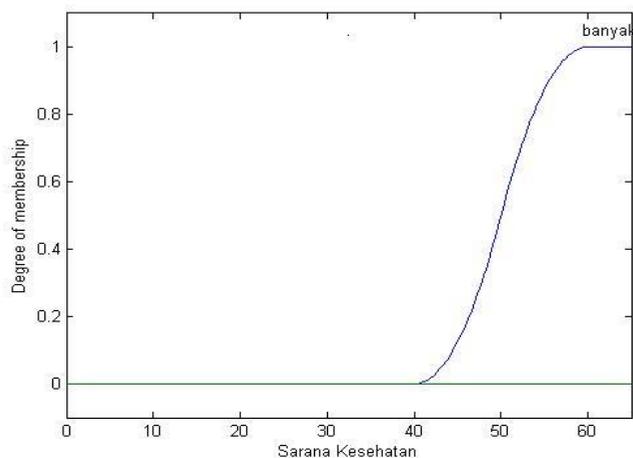
$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & ; x \leq \alpha \\ 2 \left( \frac{x - \alpha}{\gamma - \alpha} \right)^2 & ; \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2 \left( \frac{\gamma - x}{\gamma - \alpha} \right)^2 & ; \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & ; x \geq \gamma \end{cases}$$

Contoh 2.12

Fungsi Keanggotaan pada kurva pertumbuhan untuk himpunan *fuzzy* banyak pada variabel sarana kesehatan dengan himpunan universal  $U = [0 \ 65]$ .

$$S(x; 40, 50, 60) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 40 \\ 2 \left( \frac{x - 40}{20} \right)^2 & ; 40 \leq x \leq 50 \\ 1 - 2 \left( \frac{60 - x}{20} \right)^2 & ; 50 \leq x \leq 60 \\ 1 & ; x \geq 60 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 12.



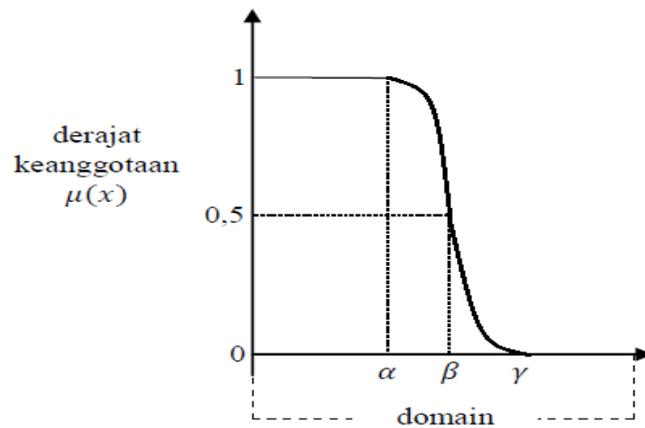
**Gambar 12.** Himpunan *Fuzzy* Banyak pada Variabel Sarana Kesehatan dengan  $U = [0\ 65]$

Misalkan, derajat keanggotaan sarana kesehatan 58 pada himpunan *fuzzy* banyak adalah

$$\mu_{\text{banyak}}(58) = 1 - 2 \left( \frac{60-58}{20} \right)^2 = 0,99$$

b. Kurva Penyusutan

Kurva-S untuk penyusutan akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0). Kurva penyusutan didefinisikan dengan menggunakan 3 parameter, yaitu: nilai keanggotaan nol ( $\alpha$ ), nilai keanggotaan lengkan ( $\gamma$ ), dan titik infleksi atau *crossover* ( $\beta$ ) yaitu titik yang memiliki domain 0,5 benar. Grafik representasi kurva-S penyusutan ditunjukkan pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Grafik Representasi Kurva-S Penyusutan

Fungsi Keanggotaan:

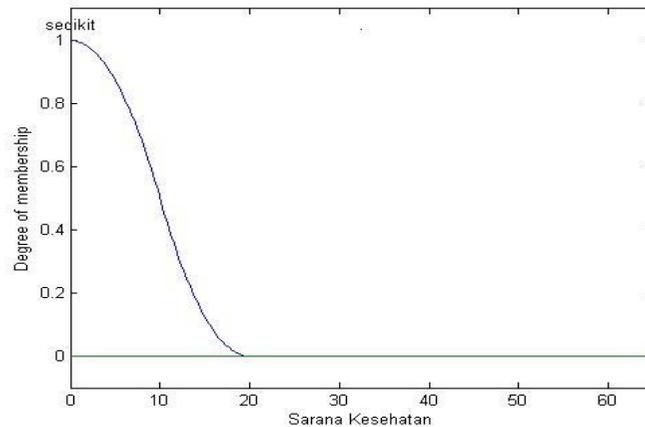
$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq \alpha \\ 1 - 2 \left( \frac{x - \alpha}{\gamma - \alpha} \right)^2 & ; \quad \alpha \leq x \leq \beta \\ 2 \left( \frac{\gamma - x}{\gamma - \alpha} \right)^2 & ; \quad \beta \leq x \leq \gamma \\ 0 & ; \quad x \geq \gamma \end{cases}$$

Contoh 2.13

Fungsi keanggotaan pada kurva penyusutan untuk himpunan *fuzzy* sedikit pada variabel sarana kesehatan dengan himpunan universal  $U = [0 \ 65]$ .

$$S(x; 0, 10, 20) = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq 0 \\ 1 - 2 \left( \frac{x - 0}{20} \right)^2 & ; \quad 0 \leq x \leq 10 \\ 2 \left( \frac{20 - x}{20} \right)^2 & ; \quad 10 \leq x \leq 20 \\ 0 & ; \quad x \geq 20 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 14.



**Gambar 14.** Himpunan *Fuzzy* Sedikit pada Variabel Sarana Kesehatan dengan  $U = [0 \ 65]$

Misalkan, derajat keanggotaan sarana kesehatan 5 pada himpunan *fuzzy* sedikit adalah

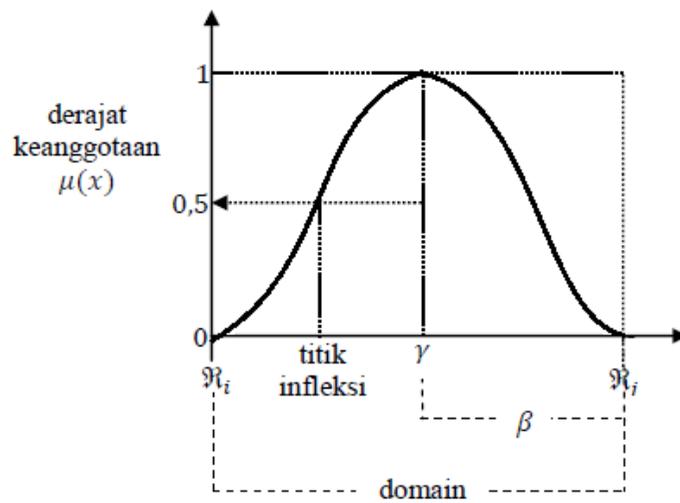
$$\mu_{\text{sedikit}}(5) = 1 - 2 \left( \frac{5-0}{20} \right)^2 = 0,875$$

#### 6. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (*Bell Curve*)

Untuk merepresentasikan bilangan *fuzzy*, biasanya digunakan kurva berbentuk lonceng. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu: himpunan *fuzzy* PI, *beta*, dan Gauss. Perbedaan ketiga kurva ini terletak pada gradiennya yaitu (Sri Kusumadewi, 2003:169-173):

##### a. Kurva PI

Kurva PI berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 yang terletak pada pusat dengan domain ( $\gamma$ ), dan lebar kurva ( $\beta$ ). Grafik representasi kurva PI ditunjukkan pada Gambar 15.



**Gambar 15.** Grafik Representasi Kurva PI

Fungsi Keanggotaan:

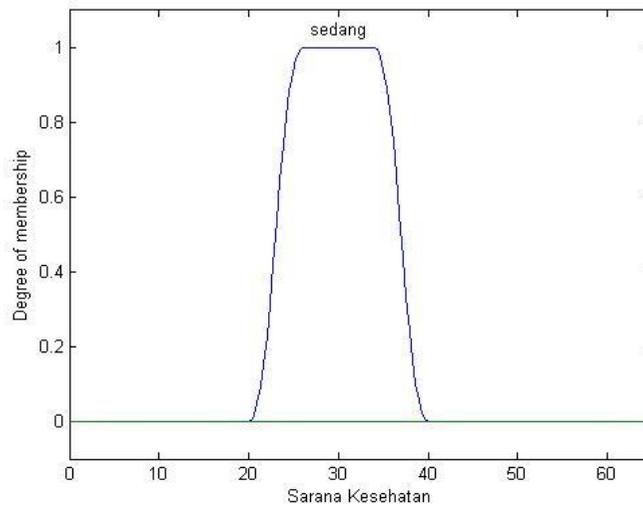
$$\Pi(x, \beta, \gamma) = \begin{cases} S\left(x; \gamma - \beta, \gamma - \frac{\beta}{2}, \gamma\right) & ; x \leq \gamma \\ 1 - S\left(x; \gamma, \gamma + \frac{\beta}{2}, \gamma + \beta\right) & ; x > \gamma \end{cases}$$

Contoh 2.14

Fungsi keanggotaan pada kurva PI untuk himpunan *fuzzy* sedang pada variabel sarana kesehatan dengan himpunan universal  $U = [0 \ 65]$ .

$$\Pi(x; 10, 30) = \begin{cases} S(x; 20, 25, 30) & ; x \leq 30 \\ 1 - S(x; 30, 35, 40) & ; x > 30 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 16.



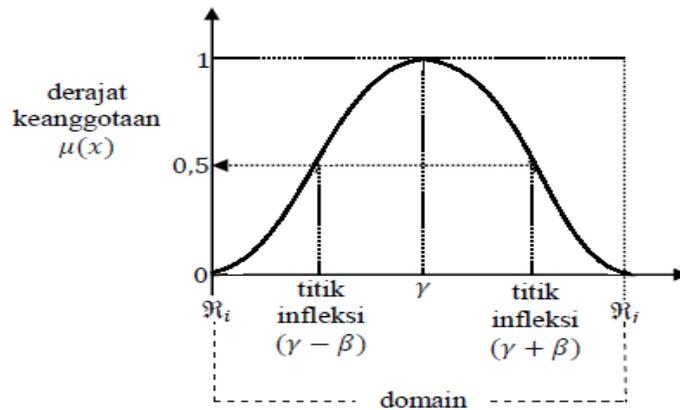
Gambar 16. Himpunan *Fuzzy* Sedang pada Variabel Sarana Kesehatan dengan  $U = [0 \ 65]$

Misalkan, derajat keanggotaan sarana kesehatan 28 pada himpunan *fuzzy* sedang adalah

$$\mu_{sedang}(28) = 1 - 2 \left( \frac{30-28}{10} \right)^2 = 0,92$$

b. 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 ( $\gamma$ ), dan setengah lebar kurva ( $\beta$ ). Salah satu perbedaan mencolok kurva beta dari kurva PI adalah fungsi keanggotaannya akan mendekati nol hanya jika nilai ( $\beta$ ) sangat besar. Grafik representasi kurva beta ditunjukkan pada Gambar 17.



**Gambar 17.** Grafik Representasi Kurva Beta

Fungsi Keanggotaan:

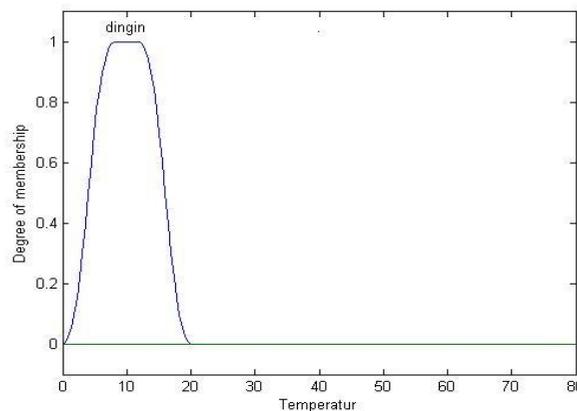
$$B(x; \gamma, \beta) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - \gamma}{\beta}\right)^2}$$

Contoh 2.15

Fungsi keanggotaan pada kurva beta untuk himpunan *fuzzy* dingin pada variabel temperatur udara dengan himpunan universal  $U = [0 \ 80]$

$$B(x; 10, 5) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - 10}{5}\right)^2}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 18.



**Gambar 18.** Himpunan *Fuzzy* Dingin pada Variabel Temperatur dengan  $U = [0 \ 80]$

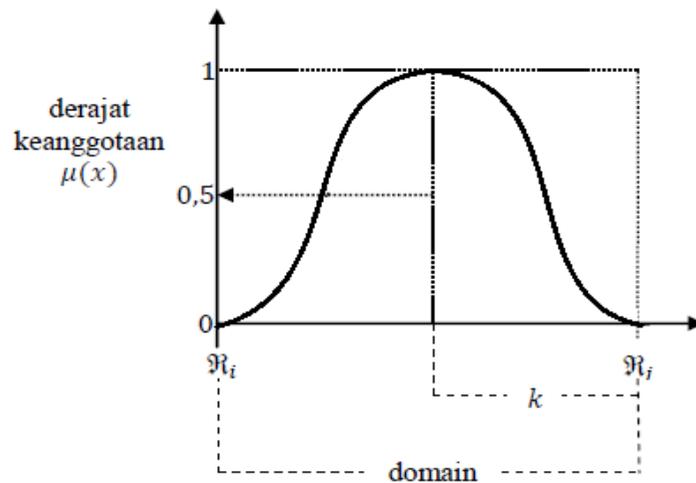
Misalkan, derajat keanggotaan temperatur 7 pada himpunan *fuzzy* dingin adalah

$$\mu_{dingin}(7) = \frac{1}{1 + \left(\frac{7-10}{5}\right)^2} = \frac{25}{34} = 0,73529412$$

c. Kurva Gauss

Jika kurva PI dan kurva beta menggunakan 2 parameter yaitu ( $\gamma$ ) dan ( $\beta$ ), kurva Gauss juga menggunakan ( $\gamma$ ) untuk menunjukkan nilai domain pada pusat kurva, dan ( $k$ ) yang menunjukkan lebar kurva.

Grafik representasi kurva Gauss ditunjukkan pada Gambar 19.



**Gambar 19.** Grafik Representasi Kurva Gauss

Fungsi Keanggotaan:

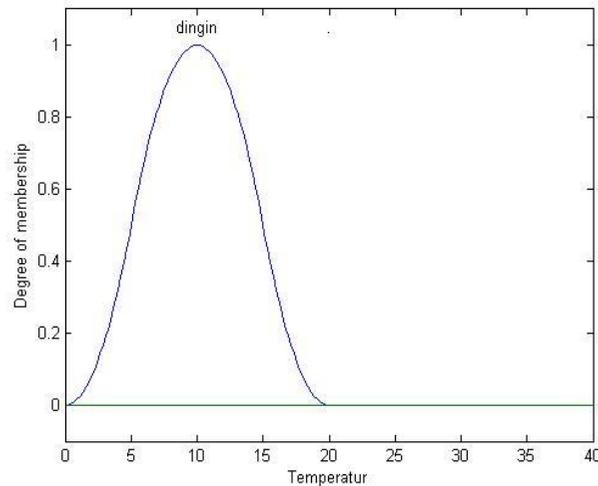
$$G(x; k, \gamma) = e^{-k(\gamma-x)^2}$$

Contoh 2.16

Fungsi keanggotaan pada kurva Gauss untuk himpunan *fuzzy* dingin pada variabel temperatur dengan himpunan universal  $U = [0 \ 40]$ .

$$G(x; 5, 10) = e^{-5(10-x)^2}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 20.



**Gambar 20.** Himpunan *Fuzzy* Dingin pada Variabel Temperatur dengan  $U = [0\ 40]$

Misalkan, derajat keanggotaan temperatur 9 pada himpunan *fuzzy* dingin adalah

$$\mu_{dingin}(9) = e^{-5(10-9)^2} = e^{-5} = 6,737946999 \times 10^{-3}$$

### G. Operator Dasar Zadeh untuk Operasi Himpunan *Fuzzy*

Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua himpunan sering dikenal dengan nama *fire strength* atau  $\alpha$ -*pedikat*. Ada tiga operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu (Sri Kusumadewi, 2003: 175-176):

#### 1. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan.  $\alpha$ -*pedikat* sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antara elemen pada himpunan-himpunan

yang bersangkutan.

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

Contoh 2.17

Misalkan derajat keanggotaan temperatur 37 pada himpunan *fuzzy* panas adalah 0,85 dan derajat keanggotaan sarana kesehatan 25 pada himpunan *fuzzy* sedang adalah 0,5. Dapat ditentukan  $\alpha$  – *pedikat* untuk temperatur panas dan sarana kesehatan sedang adalah

$$\begin{aligned}\mu_{panas \cap sedang}(37,25) &= \min(\mu_{panas}(37), \mu_{sedang}(25)) \\ &= \min(0,85;0,5) \\ &= 0,5\end{aligned}$$

## 2. Operator OR

Operator OR berhubungan dengan operasi *union* pada himpunan.  $\alpha$  – *pedikat* sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil derajat keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

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

Contoh 2.18

Misalkan derajat keanggotaan temperatur 37 pada himpunan *fuzzy* panas adalah 0,85 dan derajat keanggotaan sarana kesehatan 25 pada himpunan *fuzzy* sedang adalah 0,5. Dapat ditentukan  $\alpha$  – *pedikat* untuk temperatur panas dan sarana kesehatan sedang adalah

$$\begin{aligned}\mu_{panasUsedang}(37,25) &= \max(\mu_{panas}(37), \mu_{sedang}(25)) \\ &= \max(0,85;0,5) \\ &= 0,85\end{aligned}$$

### 3. Operator NOT

Operator NOT berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan.  $\alpha$ -pedikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

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

#### Contoh 2.19

Misalkan derajat keanggotaan temperatur 37 pada himpunan *fuzzy* panas adalah 0,85. Dapat ditentukan  $\alpha$ -pedikat untuk temperatur panas adalah

$$\begin{aligned}\mu_{panas'} &= 1 - \mu_{panas}(37) \\ &= 1 - 0,85 \\ &= 0,15\end{aligned}$$

## H. Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Prof Lutfi A. Zadeh seorang Profesor di Universitas California di Barkley (Setiadji, 2009:1). Profesor Zadeh beranggapan bahwa logika benar salah tidak dapat mewakili pemikiran manusia. Penggunaan logika *fuzzy* sangat diminati diberbagai bidang karena logika *fuzzy* dapat diaplikasikan di berbagai bidang dengan mempresentasikan setiap keadaan dan pemikiran manusia. Perbedaan

mendasar dari logika *crisp* dan logika *fuzzy* adalah jika logika *crisp* mempunyai dua elemen pilihan yaitu bernilai 1 dan bernilai 0 sedangkan logika *fuzzy*  $\mu(x)$  berada pada selang [0 1] (Kusumadewi, 2010).

Menurut Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo (2010) logika *fuzzy* dapat dianggap sebagai kotak hitam yang menghubungkan antara ruang *input* menuju ke ruang *output*. Kotak hitam tersebut berisi cara atau metode yang dapat digunakan untuk mengolah data *input* menjadi *output* dalam bentuk informasi yang baik. Proses logika *fuzzy* seperti himpunan *fuzzy*, fungsi keanggotaan, operasi dasar dalam himpunan *fuzzy*, dan penalaran dalam himpunan *fuzzy*.

Ada beberapa kelebihan dalam menggunakan logika *fuzzy*, antara lain (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 2-3):

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Karena logika *fuzzy* menggunakan dasar teori himpunan, maka konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* tersebut cukup mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan, dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat. jika diberikan sekelompok data yang cukup homogen, dan kemudian ada beberapa data yang eksklusif, maka logika *fuzzy* memiliki kemampuan untuk menangani data eksklusif tersebut.

4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi non linear yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan. Dalam hal ini sering dikenal dengan nama *Fuzzy Expert System* menjadi bagian terpenting.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional. Hal ini umumnya terjadi pada aplikasi di bidang teknik mesin maupun teknik elektro.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami. Logika *fuzzy* menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

## **I. Model *Fuzzy***

Model *fuzzy* merupakan suatu proses *input* yang berupa nilai tegas (*crisp*) yang kemudian diubah oleh fuzzifikasi menjadi nilai *fuzzy* pada  $U$  kemudian diolah oleh mesin inferensi *fuzzy* dengan aturan dasar *fuzzy* (*fuzzy rule base*) yang selanjutnya ditegaskan kembali dengan defuzzifikasi menjadi nilai tegas berupa *output* (Wang, 1997: 7). Model *fuzzy* terdiri dari empat tahapan yaitu:

### **1. Fuzzifikasi**

Fuzzifikasi (*Fuzzifiers*) adalah pemetaan dari nilai real  $x^* \in U$  ke dalam himpunan *fuzzy*  $A'$  pada  $U$ . Dapat dikatakan bahwa fuzzifikasi merupakan

proses nilai tegas (*crisp*) menjadi nilai *fuzzy* dengan menggunakan fungsi keanggotaan. Fuzzifikasi dibagi menjadi tiga metode yaitu (Wang, 1997: 105):

a. Fuzzifikasi *Singleton*

*Fuzzifier* ini memetakan nilai rael  $x^* \in U$  ke dalam himpunan *fuzzy singleton*  $A'$  pada  $U$  dengan derajat keanggotaan 1 jika pada  $x^*$  dan 0 untuk lainnya, ditulis:

$$\mu_{A'}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x = x^* \\ 0 & ; \quad \text{untuk } x \text{ yang lain} \end{cases}$$

b. Fuzzifikasi *Gaussian*

*Fuzzifier* ini memetakan nilai real  $x^* \in U$  ke dalam himpunan *fuzzy*  $A'$  pada  $U$  dengan derajat keanggotaan Gauss:

$$\mu_{A'}(x) = e^{-\left(\frac{x_1-x_1^*}{\alpha_1}\right)^2} * \dots * e^{-\left(\frac{x_n-x_n^*}{\alpha_n}\right)^2}$$

dengan,

$\alpha_i$  menyatakan parameter positif

\* menyatakan operator *product* atau min

c. Fuzzifikasi *Triangular*

*Fuzzifier* ini memetakan nilai rael  $x^* \in U$  ke dalam himpunan *fuzzy*  $A'$  pada  $U$  dengan derajat keanggotaan:

$$\mu_{A'}(x) = \begin{cases} \left(1 - \frac{|x_1-x_1^*|}{b_1}\right) * \dots * \left(1 - \frac{|x_n-x_n^*|}{b_n}\right) & ; |x_i - x_i^*| \leq b_i, i = 1, 2, \dots, n \\ 0 & ; \text{ untuk yang lain} \end{cases}$$

dengan,

$b_i$  menyatakan parameter positif

\* menyatakan operator *product* atau min

## 2. Aturan Fuzzy

Aturan *fuzzy* merupakan himpunan dari aturan-aturan *fuzzy if-then*. Inti dari sistem *fuzzy* adalah semua komponen digunakan untuk membuat aturan yang efisien. Aturan *fuzzy* ditulis (Wang, 1997: 91):

$$Ru^{(l)}: \text{if } x_1 \text{ is } A_1^l \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A_n^l, \text{ Then } y \text{ is } B^l$$

Dimana  $A_1^l$  dan  $B^l$  adalah himpunan  $U_i \subset R$  dan  $V \subset R$  sedangkan  $(x_1, x_2, \dots, x_n)^T \in U$  dan  $y \in V$

dengan,

$Ru^{(l)}$  adalah aturan ke  $l$  dengan  $l = 1, 2, 3, \dots, M$ .

$x_n$  adalah *input* ke  $n$  pada himpunan  $U$

$A_1^l$  adalah *input* himpunan fuzzy di  $U_i$

$y$  adalah *output* himpunan di  $V$

$B^l$  adalah *output* himpunan fuzzy  $U_i$

Aturan fuzzy terdiri dari himpunan aturan-aturan, dan hubungan antara aturan dalam himpunan dijelaskan dalam definisi berikut:

**Definisi 2.2** (Wang, 1997: 92)

Suatu himpunan aturan *fuzzy if-then* lengkap jika untuk setiap  $X \in U_i$  maka ada sedikitnya satu aturan pada himpunan aturan *fuzzy*.

$$\mu_{A_i^l}(x) \neq 0, \quad \text{untuk semua } i = 1, 2, \dots, n.$$

**Definisi 2.3** (Wang, 1997: 94)

Suatu himpunan aturan-aturan *fuzzy if-then* adalah konsisten jika tidak ada aturan-aturan dengan anteseden sama tetapi konsekuen berbeda.

Pada himpunan non *fuzzy* hal ini dapat menjadi masalah, karena bagian anteseden merupakan bagian yang penting, sehingga jika bagian anteseden sama akan menjadikan konflik dengan aturan yang lain. Bagian anteseden dalam aturan *fuzzy* bukan merupakan hal yang terpenting dalam membentuk aturan karena jika terjadi konflik maka inferensi *fuzzy* dan *defuzzifier* secara langsung akan mengambil keputusan (Wang, 1997: 94).

**3. Inferensi Fuzzy**

Inferensi *fuzzy* merupakan tahap evaluasi pada aturan *fuzzy*. Inferensi *fuzzy* merupakan suatu penalaran menggunakan *input* dan aturan *fuzzy* untuk memperoleh *output fuzzy*. Pada penelitian ini menggunakan inferensi *fuzzy* metode Mamdani, karena metode Mamdani mudah dipahami serta sederhana dan menghasilkan *output* yang optimal. Inferensi fuzzy memiliki tiga metode yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Sugeno (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010: 31):

a. Metode Tsukamoto

Metode Tsukamoto merupakan metode dimana setiap konsekuen dari aturan *fuzzy* direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan yang monoton.

b. Metode Mamdani

Inferensi Mamdani menggunakan fungsi implikasi min, sedangkan komposisi aturannya menggunakan max. Metode Mamdani sering disebut dengan metode MIN-MAX. *Output* dari sistem inferensi Mamdani masih berupa himpunan *output fuzzy*. Oleh karena itu *output fuzzy* dari inferensi Mamdani harus diubah dalam himpunan *crisp* atau sering disebut dengan defuzzifikasi.

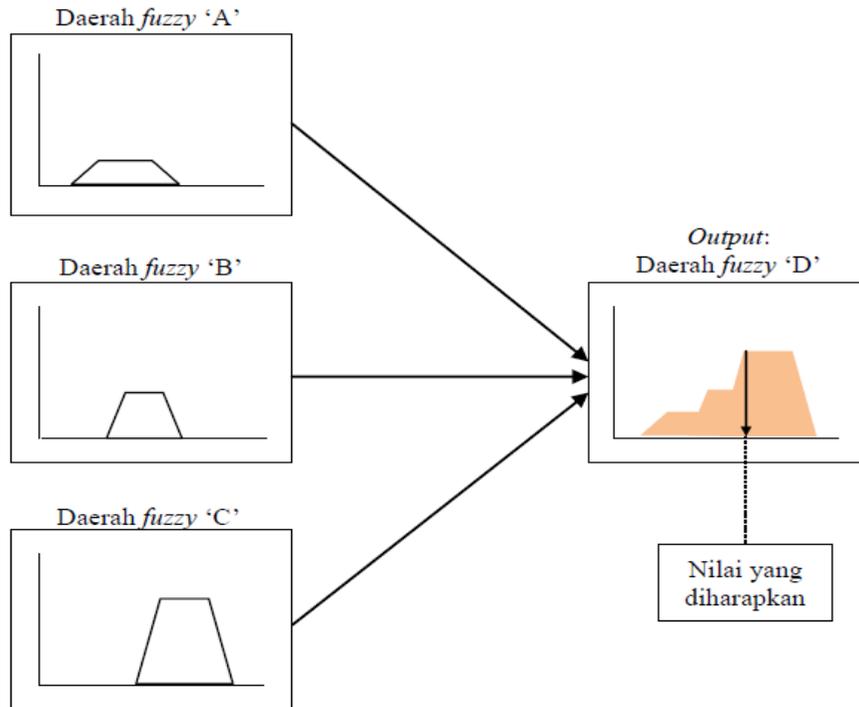
#### c. Metode Sugeno

Inferensi Sugeno mirip dengan sistem inferensi Mamdani. Perbedaan keduanya terletak pada *output*, jika *output* metode Mamdani masih berupa himpunan *fuzzy*, maka metode Sugeno berupa konstanta atau persamaan linear. Metode Sugeno terbagi menjadi dua sistem yaitu Sugeno orde-nol dan sistem Sugeno orde-satu. Defuzzifikasi metode Sugeno adalah dengan mencari nilai rata-ratanya.

### 4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi digunakan untuk menghasilkan nilai variabel solusi yang diinginkan dari daerah konsekuen *fuzzy*. Defuzzifikasi adalah komponen paling penting dalam pemodelan *fuzzy* (Setiadji, 2009: 187). *Input* dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai

*crisp* tertentu sebagai *output* dan disajikan pada Gambar 21 (Sri Kusumadewi, 2003: 189).



**Gambar 21.** Proses Defuzzifikasi (Sri Kusumadewi, 2003:189)

Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan Mamdani, antara lain (Sri Kusumadewi, 2003: 190):

a. Metode Centroid (*Composite Moment*)

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

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

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

dengan,

$z^*$  = hasil defuzzifikasi

$z$  = nilai domain ke-j

$\mu(z)$  = derajat keanggotaan  $z$

b. Metode Bisektor

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

$$z_p = \int_{\mathfrak{R}_1}^p \mu(z) dz = \int_p^{\mathfrak{R}_n} \mu(z) dz$$

dengan  $\mathfrak{R}_1 = \min(z: z \in Z)$  dan  $\mathfrak{R}_n = \max(z: z \in Z)$  sedangkan  $p = z_p$  yang membagi daerah hasil inferensi menjadi dua bagian sama besar.

c. Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode *Largest of Maximum* (LOM)

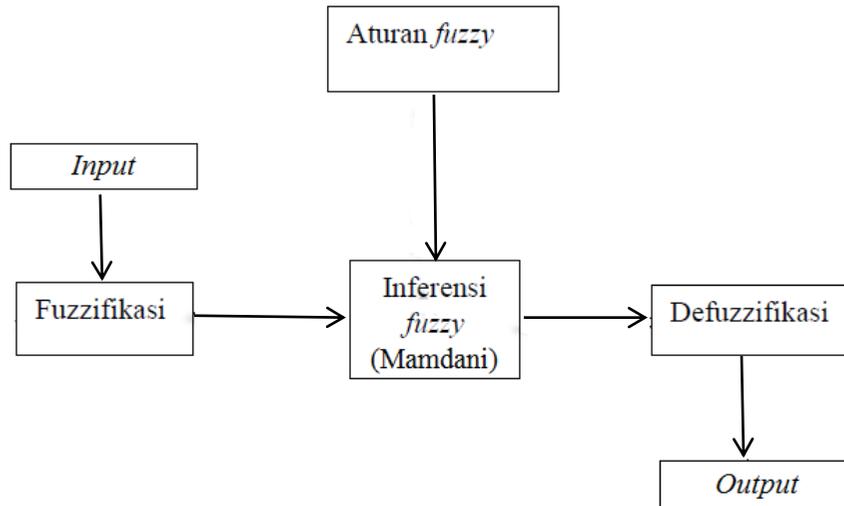
Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

Secara sederhana, model *fuzzy* merupakan keseluruhan proses pengolahan *input* tegas menjadi *output* tegas menggunakan fuzzifikasi, aturan

fuzzy (*fuzzy rule base*), inferensi fuzzy, dan defuzzifikasi. Bagan model fuzzy secara umum disajikan pada Gambar 22 (Wang, 1997: 7):



**Gambar 22.** Proses Pemodelan Fuzzy

#### J. Akurasi Model Fuzzy

Pengujian Model fuzzy menggunakan parameter akurasi dan *error*. Akurasi adalah ukuran ketepatan model untuk mengenali masukan yang diberikan sehingga menghasilkan keluaran yang benar. Secara umum dituliskan sebagai berikut (Nithya, R dan Santhi, B, 2011):

$$akurasi = \frac{jumlah\ data\ yang\ benar}{jumlah\ data\ keseluruhan} \times 100\%$$

*Error* adalah tingkat kesalahan model dalam mengenali masukan yang diberikan terhadap jumlah data secara keseluruhan. Secara umum dituliskan sebagai berikut:

$$error = 100\% - akurasi$$

Model *fuzzy* yang terbentuk akan dihitung nilai akurasi dan *error*. Model *fuzzy* dengan tingkat akurasi tinggi dan *error* kecil maka model *fuzzy* tersebut dapat digunakan untuk melakukan pengambilan keputusan dalam penentuan wilayah rawan DBD di Provinsi DIY.

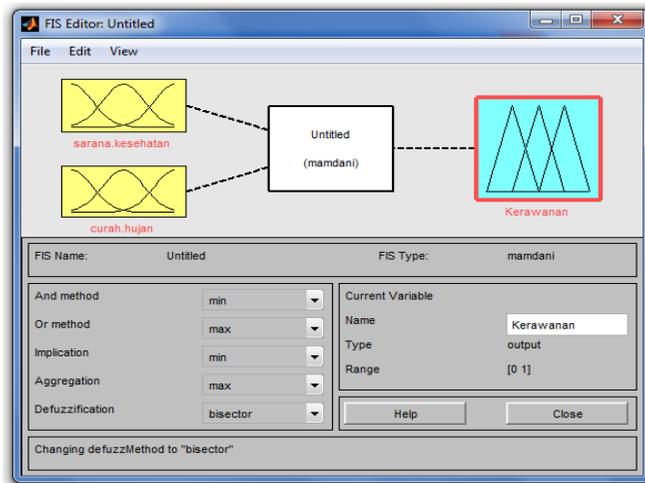
#### **K. Matlab Toolbox *Fuzzy***

Dalam menentukan wilayah rawan DBD dengan menggunakan metode Mamdani dapat digunakan *toolbox fuzzy* pada MATLAB. Agar dapat menggunakan fungsi-fungsi logika *fuzzy* yang ada pada MATLAB, maka harus diinstallkan terlebih dahulu *toolbox fuzzy*. *Fuzzy logic toolbox* memberikan fasilitas *Graphical User Interface* (GUI) untuk mempermudah dalam membangun suatu model *fuzzy* (Prabowo dan Rahmadya, 2012: 10).

Ada lima GUI *tools* yang dapat digunakan untuk membangun, mengedit, dan mengobservasi model penalaran *fuzzy*, yaitu (Widodo dan Handayanto, 2012: 10-19):

##### 1. *Fuzzy Inference System Editor* (FIS Editor)

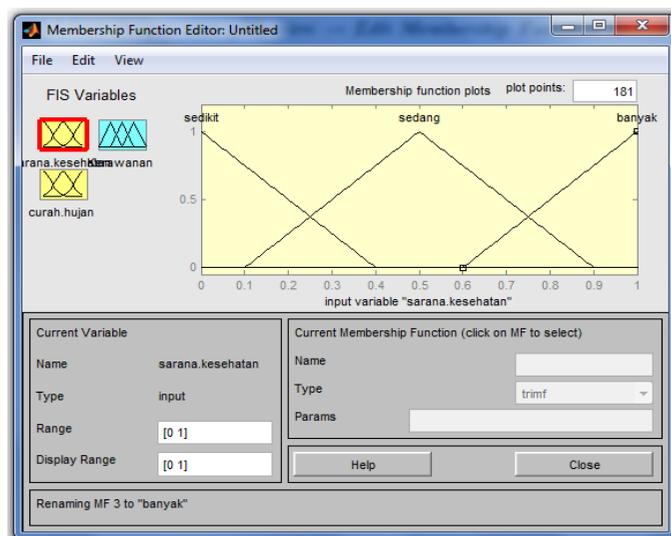
GUI ini berfungsi untuk membuka, menyimpan, mengedit atau menampilkan model *fuzzy* yang dibuat. FIS Editor dapat dipanggil dengan menuliskan “*fuzzy*” pada *command line*, sehingga pada layar akan muncul FIS Editor seperti terlihat pada Gambar 23.



**Gambar 23.** *FIS Editor*

## 2. *Membership Function Editor*

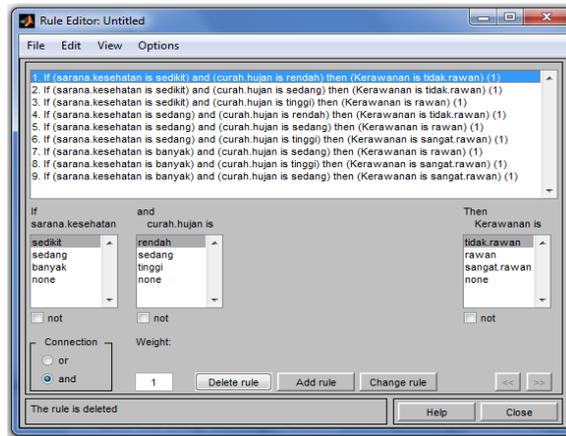
GUI ini berfungsi untuk mengedit fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* untuk tiap-tiap variabel *input* dan *output*. Editor ini dapat dipanggil dengan memilih menu *edit membership functions* atau menekan tombol **Ctrl+2** atau menekan 2 kali (*double click*) ikon variabel *input* atau variabel *output* sehingga pada layar akan muncul tampilan seperti Gambar 24.



**Gambar 24.** *Membership Function Editor*

### 3. Rule Editor

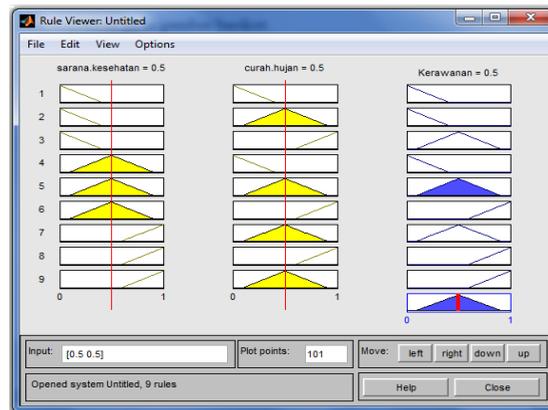
GUI berfungsi untuk mengedit maupun menampilkan aturan jika-maka yang digunakan untuk penalaran *fuzzy* yang akan atau telah dibuat. Editor ini dapat dipanggil dengan memilih menu *view-edit rules* atau menekan tombol **Ctrl+3**. Disajikan pada Gambar 25.



Gambar 25. Rule Editor

### 4. Rule Viewer

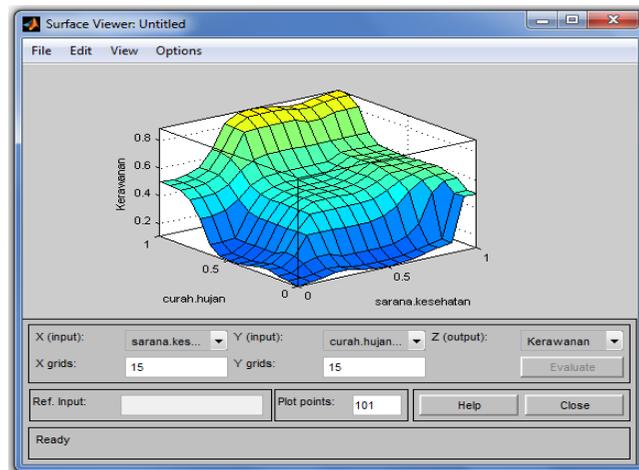
GUI ini berfungsi untuk melihat alur penalaran *fuzzy* pada model secara keseluruhan. *Viewer* ini dapat dipanggil dengan memilih *view-view rules* atau menekan tombol **Ctrl+5**. Disajikan pada Gambar 26.



Gambar 26. Rule Viewer

## 5. *Surface Viewer*

GUI ini berfungsi untuk menampilkan penalaran model *fuzzy* dalam bentuk tiga dimensi dan juga untuk melihat gambar pemetaan antara variabel-variabel *input* dan variabel-variabel *output*. *Viewer* ini dapat dipanggil dengan cara memilih menu *view – view surface* atau dengan menekan tombol **Ctrl+6**, maka pada tampilan layar akan muncul *surface viewer*. Tampilan *surface viewer* ditunjukkan pada Gambar 27.



**Gambar 27.** *Surface Viewer*

Dalam membangun FIS, kelima GUI *fuzzy logic toolbox* tersebut saling mempengaruhi dan berkaitan satu sama lain. Jika ada perubahan yang dibuat dari salah satu GUI *fuzzy logic toolbox* maka akan mempengaruhi dan merubah tampilan GUI yang lainnya.

## L. Sistem Informasi Geografis

Menurut Aronoff (1989) sistem informasi geografis merupakan sistem yang berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi

informasi-informasi geografis. Sistem informasi geografis dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis objek-objek dan fenomena dimana lokasi geografis merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis, sehingga sistem informasi geografis merupakan sistem komputer yang memiliki empat kemampuan dalam menangani data yang bereferensi geografis yaitu masukan, manajemen data, analisis dan manipulasi data, keluaran. Sedangkan menurut Foote (1995) sistem informasi geografis adalah sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang terreferensi secara spasial atau koordinat-koordinat geografis, dengan kata lain sistem informasi geografis merupakan sistem basis data dengan kemampuan khusus (terkait) data yang terreferensi secara geografis berikut operasi-operasi (fungsionalitas) yang terkait dengan pengelolaan data tersebut (Nursyaban, 2013: 80).

Ada beberapa konsep dasar dalam sistem informasi geografis yaitu komponen sistem informasi geografis, data dan informasi geografis serta pemetaan (Nursyaban, 2013).

### **1. Komponen Sistem Informasi Geografis**

Sistem informasi geografis merupakan suatu sistem yang kompleks, sebagai suatu sistem memiliki berbagai komponen di dalamnya yang meliputi perangkat keras, perangkat lunak, serta data dan manajemen (Nursyaban, 2013: 83).

a. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras berupa komputer beserta perangkat pendukungnya data yang terdapat pada sistem informasi geografis diolah melalui perangkat keras yang berupa *input* (alat masukan) sebagai alat untuk memasukan data ke dalam komputer seperti *mouse*, *scanner*, *digitizer*, dan CD-ROM, kemudian alat pemrosesan yang merupakan sistem dalam komputer yang berfungsi mengolah, menganalisis dan menyimpan data yang masuk sesuai kebutuhan seperti CPU, RAM, *tape drive*, dan *disk drive*, serta *output* (alat keluaran) yang berfungsi menayangkan informasi geografis sebagai data dalam proses sistem informasi geografis seperti VDU, plotter, dan printer (Suprastyo, 2009: 2).

b. Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak berfungsi untuk manajemen menyimpan, menganalisis dan menampilkan data. Suatu perangkat lunak sistem informasi geografis memuat fungsi-fungsi yaitu sebagai instrumen untuk memasukan data dan informasi geografis, memfasilitasi manajemen basis data, sebagai instrumen untuk mendukung pemrosesan dan data spasial, sebagai *user interface* yang memudahkan pengguna komputer melakukan pemrosesan data (Ahmad Munir, 2012: 84-85). Dalam penelitian ini *software* yang digunakan untuk membuat peta adalah ArcGIS.

c. Data dan Manajemen

Sistem informasi geografis merupakan sistem yang dapat mengumpulkan dan menyimpan data informasi yang diperlukan baik secara tidak langsung

dengan mengimpor dari perangkat lunak sistem informasi geografis lainnya ataupun secara langsung dengan melakukan digitasi data spasialnya dari peta analog ke dalam bentuk digital kemudian memasukan data atributnya dari tabel atau laporan dengan *keyboard*. Manajemen merupakan sumberdaya manusia yang mengelola sistem informasi geografis. Penggunaan sistem informasi geografis akan berhasil dengan baik yang dikelola oleh manusia yang ahli dibidang tersebut, karena berpengaruh terhadap bekerjanya suatu sistem informasi geografis (Nursyaban, 2013: 84).

## **2. Data dalam Sistem Informasi Geografis**

Data dalam sistem informasi geografis yang dapat diproses dengan instrumen sistem informasi geografis dapat dibedakan menjadi data spasial dan data atribut (Ahmad Munir, 2012: 85-86).

### **a. Data Spasial**

Data spasial merupakan data dalam bentuk suatu gambar permukaan bumi, daerah mengenai letak suatu objek yang berada diatas permukaan bumi. Data ini terkait dalam suatu sistem koordinat tertentu. Data spasial disajikan dalam bentuk titik, garis dan poligon. Titik merupakan sebuah dimensi objek spesifik yang menunjukkan lokasi geografis melalui sekumpulan sistem koordinat. Garis sebuah dimensi objek yang menghubungkan 2 titik atau beberapa titik membentuk poliline sedangkan poligon atau area merupakan sebuah objek 2 dimensi pada permukaan bumi. Model data spasial dibagi menjadi 2 yaitu model data raster dan model data vektor (Suprastyo, 2009:2-3).

### 1) Model Data Raster

Menurut Prahasta (2009) pada model data raster dapat disajikan sebagai elemen matriks atau sel-sel grid yang homogen. Dengan model ini unsur-unsur geografi ditandai oleh nilai-nilai (bilangan) elemen matriks persegi panjang sehingga secara konseptual model data raster merupakan model data spasial yang paling sederhana (Nursyaban, 2013: 86). Data spasial berbentuk raster bersumber dari *scanning* langsung hasil rekaman satelit atau foto udara (Ahmad Munir, 2012: 86).

### 2) Model Data Vektor

Data vektor menampilkan dan menyimpan data spasial dalam bentuk titik, garis atau kurva, poligon beserta data atributnya. Pada model data spasial vektor, garis-garis atau kurva merupakan kumpulan titik-titik yang saling terhubung, demikian dengan poligon terdiri dari titik-titik yang terhubung tetapi titik awal dan akhirnya sama (Nursyaban, 2013: 87). Data spasial berbentuk vektor dapat bersumber dari hasil interpretasi foto udara citra satelit atau peta tematik lainnya (Ahmad Munir, 2012: 86).

#### b. Data Atribut

Data atribut merupakan deskripsi dari suatu keruangan (spasial). Data ini digunakan oleh sistem-sistem manajemen basis data untuk melengkapi objek-objek yang terpetakan. Data ini umumnya dipresentasikan secara tekstual dalam bentuk tabel-tabel. Atribut adalah properti yang biasa digunakan sebagai pembeda antar objek dalam suatu kelas tertentu. Misala data mahasiswa maka

atributnya nama mahasiswa (Suprastyo, 2009: 3). Data atribut/tabular bersumber dari data statistik, pencacahan atau sumber lainnya yang merupakan deskripsi langsung atau sebagai keterangan data spasial (Ahmad Munir, 2012: 86).

### **3. Pemetaan**

Menurut *International Cartographic Association* (1937) peta adalah suatu representasi atau gambaran dari unsur-unsur atau kenampakan-kenampakan yang dipilih dari permukaan bumi atau yang ada kaitannya dengan permukaan bumi atau benda-benda angkasa dan umumnya digambarkan pada suatu bidang datar dan diperkecil/diskalakan (Nursyaban, 2013: 3). Peta dapat berupa data dan dapat pula sebagai informasi. Peta merupakan data dalam kaitannya dengan aspek analisis keruangan dimana barisnya adalah data keruangan. Sekumpulan data spasial yang telah didapat kemudian dianalisis menjadi peta, maka peta tersebut merupakan informasi (Suprastyo, 2009: 4).

Dalam kaitannya dengan pemahaman data dan informasi keruangan pada hakikatnya peta adalah sebuah alat peraga untuk menyampaikan sebuah ide yang dapat berupa gambaran suatu daerah atau wilayah (topografi), penyebaran penduduk, jaringan jalan, dan semua hal-hal yang berhubungan dengan kedudukan dalam ruang. Adapun peta dibagi menjadi beberapa jenis yaitu (Suprastyo, 2009: 4):

#### **a. Peta Topografi**

Peta topografi adalah sebuah peta yang mempunyai tujuan untuk menggambarkan bagaimana permukaan bumi. Contohnya adalah peta permukaan

tanah yang ada dibumi.

b. Peta Dasar

Peta dasar adalah sebuah set dari data topografi yang ditunjukkan dalam sebuah peta yang memberikan referensi atau konstektual informasi.

c. Peta Tematik

Peta tematik adalah sebuah peta yang diambil dari berbagai jenis informasi yang dipilih untuk menunjukkan kepada satu atau beberapa tema sspesifik.

Pada penelitian ini peta yang akan digunakan dalam penentuan wilayah rawan DBD untuk sistem informasi geografis adalah peta tematik dengan menggunakan bantuan *software* ArcGIS.

### **M. ArcGIS Desktop**

ArcGIS *desktop* merupakan kumpulan aplikasi SIG yang berbasis desktop dan digunakan untuk mengkompilasikan, menuliskan, menganalisis, memetakan, dan mempublikasikan informasi parsial (Eddy Prahasta, 2015: 6).

Aplikasi ArcGIS memiliki kemampuan yang tinggi untuk membuat peta digital hingga proses analisis spasial. Selain itu, ArcGIS memiliki manfaat lain yaitu (Tim Litbang Wahana Komputer, 2015: 3):

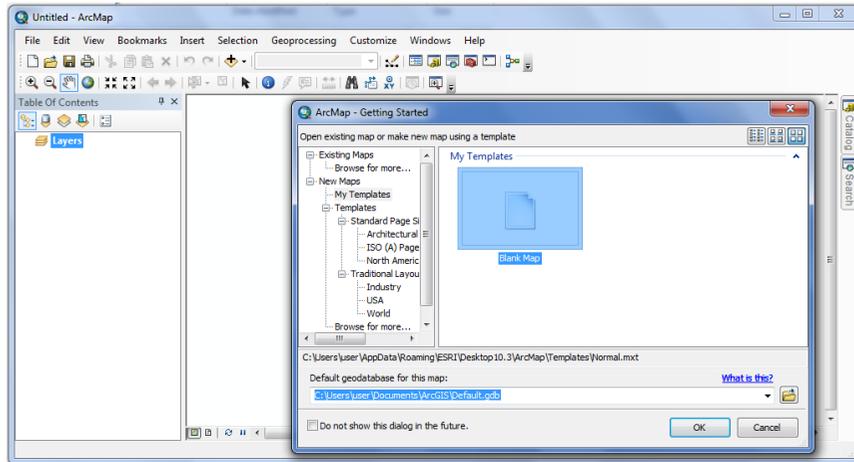
1. Dapat mengetahui batas-batas administrasi secara akurat
2. Dapat mengetahui persebaran penduduk
3. Dapat mengetahui sebaran hutan produksi
4. Dapat mengetahui daerah rawan kecelakaan

5. Dapat mengetahui indeks potensi sosial
6. Dapat mengetahui daerah-daerah yang berpotensi tsunami
7. Dapat mengetahui lokasi rawan kemacetan
8. Dapat mengetahui sebaran pertambangan
9. Dapat mengetahui potensi lahan suatu wilayah
10. Dapat mengetahui persebaran perkebunan disuatu wilayah

ArcGIS *desktop* didalamnya terdiri dari ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcGlobe, ArcReader, ArcScene dan ModelBuilder dengan beberapa tingkatan fungsionalnya yaitu ArcView terfokus pada fungsionalitas penggunaan, pemetaan, dan analisis data yang koprehensif, kemudian ArcEditor menambahkan fungsionalitas pembuatan data dan *editing* unsur-unsur spasial lanjut dan ArcInfo merupakan perangkat lunak SIG *desktop* profesional dengan fungsionalitas yang lengkap termasuk *tool geoprocessing* yang banyak (Eddy Prahasta, 2015: 6).

### **1. ArcMap**

ArcMap merupakan aplikasi sentral ArcGIS *desktop* yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan yang berbasis peta digital seperti halnya kartografis, analisis peta, *editing*, mengolah, dan menampilkan (Eddy Prahasta, 2015: 6-7). Untuk mengaktifkan aplikasi ArcMap, digunakan menu Start lalu pilih Programs pilih ArcGIS pilih ArcMap, tunggu hingga muncul *window* aplikasi ArcMap. Tampilan layar ArcMap ditunjukkan pada Gambar 28 (Eddy Prahasta, 2015: 652-653).

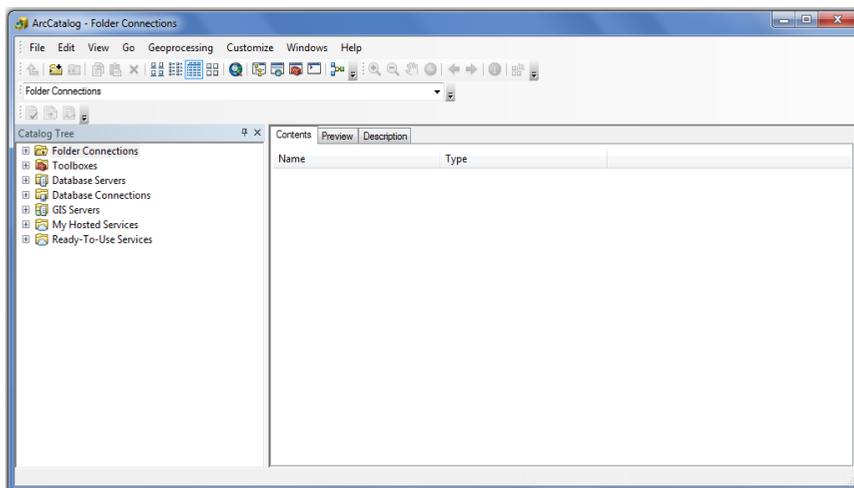


**Gambar 28.** Window Utama Aplikasi ArcMap

## 2. ArcCatalog

ArcCatalog merupakan aplikasi yang membantu untuk mengelola dan mengorganisasikan semua informasi spasial yang berfungsi untuk mencari, menampilkan, menyimpan, menjelajah data-data SIG (Eddy Prahasta, 2015: 7).

Untuk mengaktifkan aplikasi ArcCatalog, digunakan menu Start pilih Programs pilih ArcGIS pilih ArcCatalog, tunggu hingga muncul *window* utama aplikasi ArcCatalog. Disajikan pada Gambar 29 (Eddy Prahasta, 2015: 652-653).



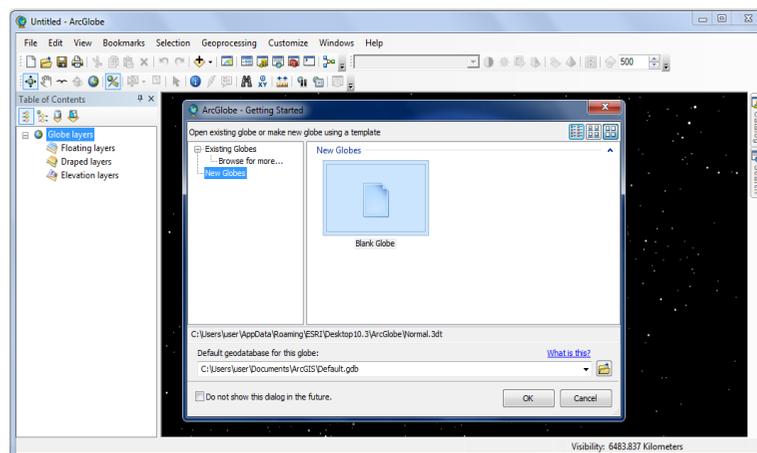
**Gambar 29.** Window Utama Aplikasi ArcCatalog

### 3. ArcToolbox dan ModelBuilder

ArcGIS *desktop* menyediakan banyak fungsionalitas *geoprocessing* yang dapat dijalankan dengan beberapa cara yaitu melalui kotak dialog ArcToolbox sebagai masukan bagi ModelBuilder, sebagai *command line* atau sebagai fungsi *script*. ArcToolbox berisi kumpulan fungsi *geoprocessing* sedangkan ModelBuilder dimanfaatkan untuk merancang dan mengimplementasikan model *geoprocessing* yang bisa mencakup *tools*, *script*, dan data (Eddy Prahasta, 2015: 7-8).

### 4. ArcGlobe

Aplikasi ini menyediakan tampilan informasi spasial yang bersifat kontinuitas dan interaktif. ArcGlobe memiliki tampilan 3D yang dapat menampilkan peta secara 3D ke dalam bola dunia dan dapat dihubungkan langsung ke internet (Eddy Prahasta, 2015: 8). Untuk mengaktifkan aplikasi ArcGlobe gunakan menu Start lalu pilih Programs pilih ArcGIS pilih ArcGlobe, tunggu hingga muncul *window* utama ArcGlobe. Gambar 30 (Eddy Prahasta, 2015: 652-654).



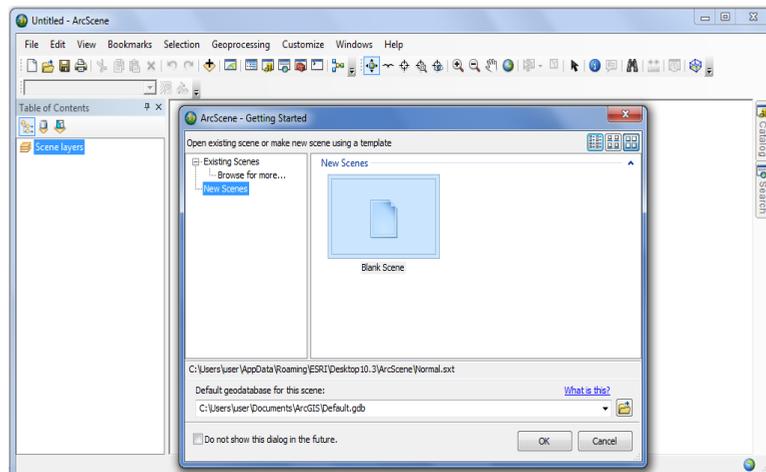
**Gambar 30.** Window Utama Aplikasi ArcGlobe

## 5. ArcReader

ArcReader merupakan aplikasi *map-viewer* dan *globe-viewer* yang menyediakan metode untuk berbagi peta elektronik baik melalui jaringan internet maupun internet. Dalam operasinya aplikasi ini mempertahankan status live connection terhadap datanya sehingga *view* datanya akan selalu bersifat aktual (Eddy Prahasta, 2015: 8).

## 6. ArcScene

ArcScene merupakan aplikasi yang digunakan untuk mengolah dan menampilkan peta-peta ke dalam bentuk 3D fungsi. Untuk mengaktifkan aplikasi ArcScene, gunakan menu Start lalu pilih Programs pilih ArcGIS pilih ArcScene, tunggu hingga muncul tampilan *window* utama aplikasi ArcScene. Tampilan layar ArcScene ditunjukkan pada Gambar 31 (Eddy Prahasta, 2015: 652-654).



**Gambar 31.** Window Utama Aplikasi ArcScene