

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai tinjauan pustaka dan dasar teori tentang kebakaran, kebakaran permukiman, kerentanan kebakaran, kepadatan permukiman, kepadatan penduduk, persentase bangunan non permanen, persentase frekuensi kebakaran, jumlah kerugian ekonomi, Logika *Fuzzy*, Metode *Fuzzy Mamdani*, dan *Software Quantum GIS*, dan penelitian terdahulu.

2.1 Kebakaran

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang memiliki dampak yang besar dalam hal kerugian, baik kerugian material maupun kerugian korban jiwa. Bencana kebakaran terjadi tidak mengenal waktu kapan bencana akan terjadi dan dimana peristiwa ini dapat terjadi (Herlambang, 2011). Bahaya kebakaran di perkotaan selalu mengalami peningkatan karena semakin padatnya daerah perkotaan. Kebakaran sendiri terjadi ketika adanya interaksi antara bahaya kebakaran dengan kerentanan kebakaran (Januandari dkk, 2017).

Menurut jenis kejadian, kebakaran digolongkan menjadi 18 jenis yaitu (BPBD Balikpapan, 2021):

1. Kebakaran permukiman
2. Kebakaran rumah ibadah / pondok pesantren
3. Ruko
4. Sekolah
5. Sarana kesehatan umum
6. Gudang
7. Kios / lapak / kandang ayam / tumpukan ban bekas
8. Rumah makan / café
9. Kantor / perusahaan
10. Hutan / lahan
11. Kapal laut

12. Kendaraan roda 2 / roda 4 / roda 6 / roda 10
13. Hotel / tempat hiburan
14. Ledakan / kebocoran tabung gas / gas liar
15. Bengkel / pencucian mobil / pangkalan ojek
16. Toko / swalayan / mall / pusat perbelanjaan
17. Kegagalan tekbologi
18. Instalasi listrik milik PLN / tower

2.2. Kebakaran Permukiman

Kebakaran permukiman merupakan bencana selalu mengancam kehidupan manusia, karena kebakaran permukiman tidak dapat diduga kapan dan dimana akan terjadi, sehingga setiap masyarakat harus melakukan upaya dalam hal mencegah kebakaran agar tidak terjadi atau mencegah kecepatan api kebakaran meluas. sebagian besar kebakaran diakibatkan oleh manusia itu sendiri karena faktor kecerobohan, kelalaian, dan ketidakpedulian. Kebakaran permukiman memiliki dampak yang besar dalam hal kerugian. Berdasarkan data bencana yang dimiliki oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Balikpapan, kebakaran permukiman merupakan bencana yang mendominasi dan sering terjadi setiap tahunnya dibandingkan dengan bencana lainnya. Selain itu, Bencana kebakaran permukiman memiliki dampak kerugian yang besar (BPBD Balikpapan, 2021).

2.3. Kerentanan Kebakaran

Kerentanan kebakaran merupakan suatu karakteristik atau keadaan kondisi yang memiliki ancaman atau gangguan yang berasal dari faktor alam, maupun non alam, faktor sosial, faktor fisik, dan faktor lingkungan yang mengurangi kemampuan dalam mencegah, meredam, mencapai kesiapan dalam menghadapi ancaman bencana kebakaran. Menurut PU No : 22/PRT/M/2007, tingkat kerentanan kebakaran adalah ukuran yang menyatakan tinggi rendahnya kemungkinan suatu wilayah mengalami bencana kebakaran. Daerah yang rentan terhadap bencana kebakaran memiliki ciri-ciri kondisi fisik permukiman yang dapat dilihat dari kepadatan permukiman dan kualitas bangunan di permukiman tersebut.

www.itk.ac.id

Kerentanan kebakaran dapat diketahui dengan mencari tingkat kerentanan kebakaran. Pada umumnya tingkat kerentanan kebakaran terbagi menjadi 3 yaitu tingkat kebakaran tinggi, tingkat kebakaran sedang, dan tingkat kebakaran rendah.

2.4. Kepadatan Permukiman

Kepadatan permukiman yang tinggi pada suatu daerah akan mempersempit ruang dari permukiman daerah tersebut dan akan mempersulit petugas pemadam kebakaran dalam memadamkan api (Herlambang, 2011). Kepadatan permukiman yaitu kerapatan rumah satu dengan rumah yang lain yang memperhitungkan luas lahan yang terbangun. Kepadatan permukiman suatu kawasan dihitung berdasarkan persentase perbandingan jumlah dari luas permukiman yang terbangun dengan luas lahan permukiman tersebut. Rumus untuk mencari kepadatan permukiman disajikan sebagai berikut (Soemarwoto, 1991).

$$A = \frac{\text{Luas Kawasan Terbangun}}{\text{Luas Wilayah Permukiman}} \times 100\% \quad (2.1)$$

2.5. Kepadatan Penduduk

Bertambahnya jumlah penduduk setiap tahun akan menyebabkan populasi penduduk semakin banyak dan kepadatan penduduk semakin tinggi. Dengan bertambahnya jumlah penduduk maka aktivitas masyarakat akan meningkat dan kerentanan kebakaran akan ikut meningkat. Kepadatan penduduk diperoleh dari perbandingan antara jumlah penduduk pada suatu wilayah dengan luas wilayah pada daerah tersebut. Kepadatan penduduk menggunakan satuan jiwa/km². Rumus untuk mencari kepadatan penduduk disajikan sebagai berikut (BPS Balikpapan, 2020).

$$B = \frac{\text{jumlah penduduk}}{\text{luas wilayah}} \quad (2.2)$$

2.6. Persentase Bangunan Non Permanen

Persentase bangunan non permanen adalah kualitas bangunan yang menggunakan data bangunan non permanen. Bangunan non permanen adalah karakteristik bangunan yang dapat dilihat dari bahan pembuat bangunan tersebut yang memiliki ciri ber dinding kayu, bambu, atau gedek, dan atap rumahnya terbuat dari seng atau asbes (Sujatmiko, 2012). Material tersebut dapat dengan mudah terbakar jika adanya kontak dengan sumber nyala api sehingga dapat dengan mudah memicu terjadinya kebakaran.

Persentase bangunan non permanen diperoleh dari persentase perbandingan antara jumlah bangunan non permanen dengan seluruh bangunan yang ada pada daerah tersebut. Rumus dari persentase bangunan non permanen disajikan sebagai berikut (Sujatmiko, 2012):

$$C = \frac{\text{Jumlah Rumah Non Permanen}}{\text{Jumlah Seluruh Rumah}} \times 100\% \quad (2.3)$$

2.7. Persentase Frekuensi Kebakaran

Persentase frekuensi kebakaran merupakan persentase frekuensi peristiwa kebakaran yang pernah terjadi di suatu kawasan permukiman dalam suatu daerah kelurahan terhadap jumlah seluruh kejadian kebakaran daerah kota. Persentase frekuensi kebakaran berpengaruh terhadap tingkat kerentanan kebakaran, karena semakin sering kejadian kebakaran yang terjadi di suatu daerah, maka semakin tinggi tingkat kerentanan kebakaran tersebut. persentase frekuensi kebakaran disusun berdasarkan data dan catatan sejarah kejadian yang pernah terjadi pada suatu daerah (BNBP, 2012).

Persentase frekuensi kebakaran diperoleh dari persentase perbandingan jumlah kebakaran daerah kelurahan dengan jumlah kebakaran daerah kota kelurahan tersebut. Rumus dari persentase frekuensi kebakaran disajikan sebagai berikut.

$$D = \frac{\text{Jumlah Kebakaran Kelurahan}}{\text{Jumlah Kebakaran Kota}} \times 100\% \quad (2.4)$$

2.8. Jumlah Kerugian Ekonomi

Jumlah kerugian ekonomi merupakan besarnya kerugian ekonomi yang diterima oleh kawasan permukiman yang diakibatkan oleh kebakaran permukiman. Kebakaran permukiman sendiri merupakan kejadian bencana di Kota Balikpapan memiliki tingkat kerugian ekonomi rata-rata tertinggi di bandingkan dengan tingkat kerugian bencana lainnya (BPBD Balikpapan, 2021).

Jumlah kerugian ekonomi sangat bergantung pada besarnya kebakaran. Semakin besar yang terjadi di kawasan permukiman maka akan semakin besar pula kerugian yang akan didapatkan dari kebakaran tersebut. Oleh karena itu kerugian ekonomi memiliki pengaruh terhadap kerentanan kebakaran. Jumlah kerugian ekonomi disusun berdasarkan data dan catatan sejarah yang pernah terjadi di suatu daerah (BNBP, 2012).

2.9. Logika Fuzzy

Berdasarkan kamus *Oxford English Dictionary*, istilah *fuzzy* didefinisikan sebagai *blurred* (remang-remang), *vague* (tidak jelas), dan *convused* (membingungkan). Istilah sistem *fuzzy* tersebut tidak mengacu pada sebuah sistem yang tidak jelas remang-remang pada cara kerjanya, melainkan kebalikannya. Sistem *fuzzy* merupakan sebuah sistem yang dibangun dengan cara kerja dan deskripsi yang jelas berdasar pada teori Logika *Fuzzy* (Naba, 2009).

Logika *Fuzzy* dapat diartikan sebagai pemetaan suatu ruang *input* ke ruang *output* yang memiliki nilai. Logika *Fuzzy* pertama kali dikenalkan oleh Lotfi A. Zadeh, seorang professor di Universitas California. Logika *Fuzzy* memiliki perbedaan dengan Logika Diskrit yaitu pada Logika *Fuzzy* memiliki derajat keanggotaan di rentan 0 (nol) yang berarti sepenuhnya salah hingga 1 (satu) yang berarti sepenuhnya benar, sedangkan Logika Diskrit hanya memiliki dua nilai yaitu 0 (nol) yang berarti salah dan 1 (satu) yang berarti benar. Logika *Fuzzy* banyak digunakan untuk penerjemahan pernyataan dari Bahasa (linguistik) menjadi numerik (Budhiharto dan Suhartono, 2014).

Ada beberapa alasan mengapa banyak orang menggunakan Logika *Fuzzy*, yaitu diantaranya (Kusumadewi, 2002):

1. Konsep Logika *Fuzzy* yang mudah dimengerti.

2. Logika *Fuzzy* memiliki toleransi dari data yang tidak tepat.
3. Logika *Fuzzy* termasuk metode yang fleksibel.
4. Logika *Fuzzy* dapat memodelkan fungsi yang nonlinier yang sangat kompleks.
5. Logika *Fuzzy* dapat mengaplikasikan pengalaman-pengalaman dari pakar secara langsung.
6. Logika fuzzy menggunakan Bahasa alami.

2.9.1 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* adalah sekumpulan objek yang dimana masing-masing objeknya memiliki nilai keanggotaan (*membership function*) dilambangkan dengan " μ ". Jika X merupakan variabel x , maka himpunan bagian *fuzzy* Y dari X didefinisikan sebagai fungsi keanggotaan (*membership function*) (Sudrajat, 2008).

$$\mu_Y = X \rightarrow [0, 1] \quad (2.5)$$

Dimana setiap $x \in X$ dan bilangan real $\mu_Y(x)$ pada interval $[0,1]$, dimana nilai $\mu_Y(x)$ berupa tingkat keanggotaan (*membership*) dari x pada Y . Himpunan *fuzzy* A didefinisikan sebagai berikut (Sudrajat, 2008).

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \quad (2.6)$$

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu himpunan yang mewakili kondisi tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Pada himpunan tegas atau *crisp* dapat dinyatakan sebagai nilai yang sebenarnya. Dalam penggunaannya, himpunan *crisp* sangat terbatas yang membedakan anggotanya hanya dengan nilai nol atau satu. Dari dua kemungkinan itu, 1 (satu) yang berarti bahwa terdapat sesuatu yang merupakan suatu anggota himpunan, sedangkan nol (0) berarti bahwa terdapat sesuatu yang bukan merupakan anggota himpunan tersebut.

Himpunan *fuzzy* memiliki dua bahasa yaitu linguistik dan numerik. Linguistik yaitu penamaan suatu himpunan yang mewakili keadaan atau kondisi tertentu menggunakan bahasa alami, seperti tua, muda, sedang, dan besar. Untuk

himpunan numerik merupakan himpunan nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari variabel, seperti 40, 25, 50, dsb.

2.9.2 Fungsi Keanggotaan

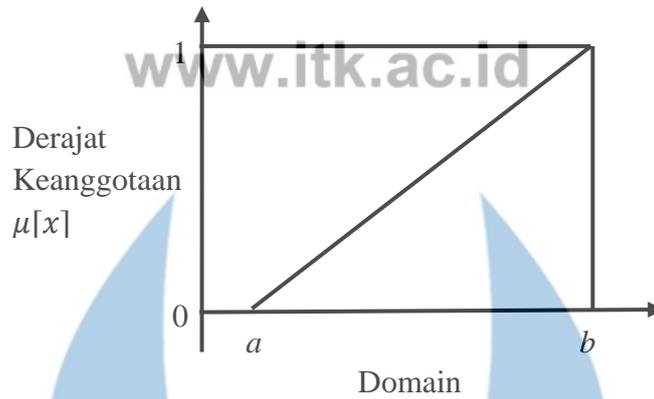
Fungsi keanggotaan (*membership function*) digambarkan pada kurva fungsi yang berfungsi sebagai pemetaan titik *input* data dalam nilai derajat keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 (nol) sampai 1 (satu). Dengan melakukan pendekatan fungsi maka akan diperoleh nilai keanggotaan. Penentuan nilai-nilai diperoleh dari kaidah aturan yang dibuat oleh pakar yang menggunakan fungsi implikasi (Hakim, 2010). Pada sistem *fuzzy*, fungsi keanggotaan berperan penting dalam mempresentasikan masalah. Fungsi keanggotaan yang banyak digunakan yaitu fungsi keanggotaan segitiga dan fungsi keanggotaan trapesium (Navianti, 2012). Jenis-jenis kurva fungsi keanggotaan diantaranya kurva linier, yang terbagi menjadi kurva linier naik dan kurva linier turun, kurva bentuk segitiga, dan kurva bentuk trapesium.

A. Kurva Linier

Kurva linier merupakan pemetaan pada *input* ke derajat keanggotaannya yang digambarkan sebagai suatu garis lurus. Kurva linier terbagi menjadi 2, yaitu kurva linier naik dan kurva linier turun.

A.1. Kurva Linier Naik

Kurva linier naik merupakan himpunan yang dimulai dengan nilai domain dengan derajat keanggotaan 0 (nol) bergerak ke kanan menuju ke domain yang memiliki derajat keanggotaan 1 (satu). Bentuk kurva linier naik disajikan dalam Gambar 2.1 sebagai berikut.



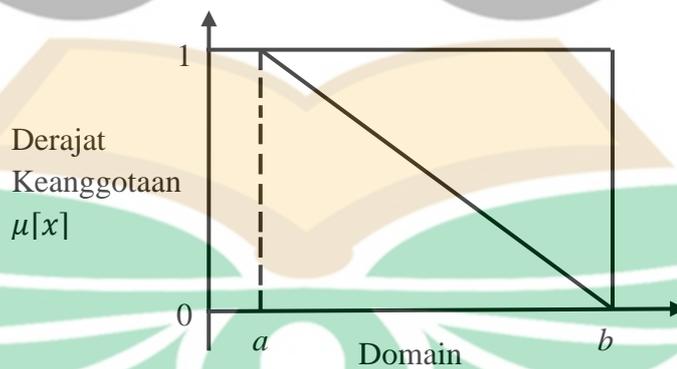
Gambar 2.1 Representasi Linier Naik (Kusuma dan Purnomo, 2010)

Berdasarkan Gambar 2.1, untuk memperoleh nilai keanggotaan dari kurva fungsi linier naik digunakan rumus sebagai berikut.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x < a \\ \frac{x - a}{b - a} & ; a < x < b \\ 1 & ; x \geq b \end{cases} \quad (2.7)$$

A.2. Kurva Linier Turun

Kurva linier turun merupakan himpunan yang nilai dari derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, yang bergerak menurun menuju sisi kanan ke domain yang memiliki derajat yang lebih rendah.



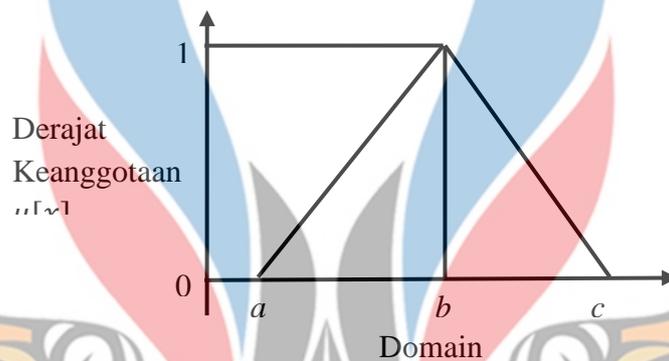
Gambar 2.2 Representasi Linier Turun (Kusuma dan Purnomo, 2010)

Berdasarkan Gambar 2.2, untuk memperoleh nilai keanggotaan dari kurva fungsi linier turun digunakan rumus sebagai berikut.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x > b \\ \frac{b-x}{b-a} & ; a < x \leq b \\ 1 & ; x \leq a \end{cases} \quad (2.8)$$

B. Kurva Bentuk Segitiga

Kurva segitiga merupakan gabungan antara 2 garis linier. Kurva bentuk segitiga disajikan pada gambar 2.3 berikut



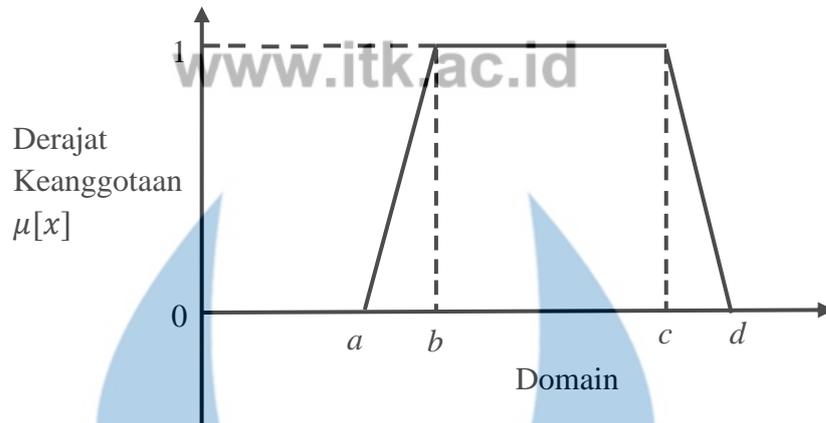
Gambar 2.3 Kurva Segitiga (Kusuma dan Purnomo, 2010)

Berdasarkan Gambar 2.3, untuk memperoleh nilai keanggotaan dari kurva fungsi segitiga tersebut digunakan rumus sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \vee x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{x-c}{b-a} & ; b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.9)$$

C. Kurva Bentuk Trapesium

Kurva fungsi trapesium pada dasarnya seperti kurva segitiga, hanya saja terdapat beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Kurva bentuk trapesium disajikan pada gambar 2.4 berikut (Kusuma dan Purnomo, 2010)



Gambar 2.4 Kurva Trapesium (Kusuma dan Purnomo, 2010)

Berdasarkan Gambar 2.4, untuk memperoleh nilai keanggotaan dari kurva bentuk trapezium tersebut digunakan rumus sebagai berikut.

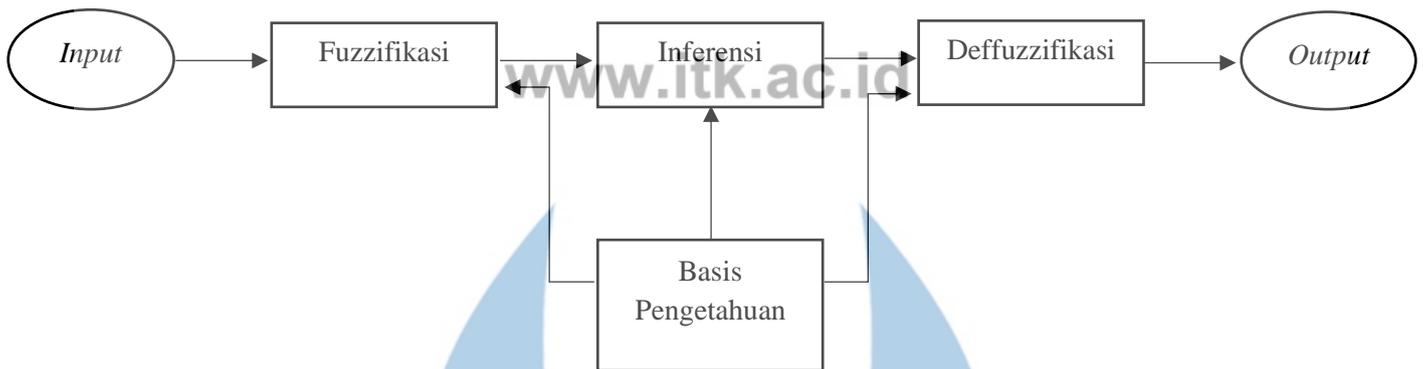
$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x < a \vee x > d \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & ; c < x \leq d \end{cases} \quad (2.10)$$

2.9.3 Himpunan Semesta

Himpunan semesta merupakan seluruh nilai yang sedang dibicarakan sebagai batas nilai yang dapat dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Himpunan semesta merupakan himpunan bilangan *real* yang selalu naik dari kiri ke kanan. Nilai dari himpunan semesta dapat berupa bilangan positif maupun bilangan negatif. Untuk batas atas himpunan semesta, ada saat dimana nilai batas atas tidak dibatasi.

2.9.4 Struktur Logika *Fuzzy*

Struktur Logika *Fuzzy* dapat digambarkan sebagai berikut (Hakim, 2010):



Gambar 2.5 Struktur Dasar Logika *Fuzzy* (Hakim, 2010)

Berdasarkan Gambar 2.5, struktur dasar Logika *Fuzzy* terdiri dari *input*, fuzzifikasi, inferensi, defuzzifikasi, *output*, dan basis pengetahuan. Masing-masing fungsi dari struktur tersebut yaitu sebagai berikut (Hakim, 2010).

A. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah tahap perubahan nilai *input* tegas mejadi nilai *input fuzzy*.

B. Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan merupakan aturan dasar yang mendefinisikan himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari hasil *input* tegas. Aturan yang dibuat menggunakan aturan jika-maka dengan operator *input* adalah “dan”. Setiap pengaturan yang dibuat merupakan pernyataan implikasi.

C. Inferensi

Inferensi merupakan inti dari sistem Logika *Fuzzy* sebagai pengambil keputusan. Pada tahap ini menggunakan operator *MIN*. fungsi implikasi *MIN* yaitu mengambil suatu nilai yang keanggotaannya terkecil antara keanggotaan pada suatu himpunan *fuzzy* yang diuji. Setelah implikasi dan didapatkan output dari masing-masing aturan, pada tahap inferensi ini juga terdapat tahap agregasi. Tahap agregasi memiliki 3 metode yaitu: *MAX*, *Additive*, dan Probabilistik *OR* (Puryono, 2018).

www.itk.ac.id

D. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi memiliki *input* himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari proses inferensi dan *output* berupa bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Terdapat beberapa jenis metode defuzzifikasi diantaranya: *Centroid*, *Bisektor*, *MOM*, *LOM*, dan *SOM*.

E. *Input*

Input merupakan proses penginputan variabel *input* yang akan diproses ke tahap fuzzifikasi.

F. *Output*

Output merupakan hasil akhir dari proses Logika *Fuzzy*, yang dimana dapat berupa numerik maupun linguistik.

2.9.5 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses mengubah variabel *crisp* kedalam variabel *fuzzy*. Variabel *input* (*crisp*) dipetakan ke dalam himpunan *fuzzy* sesuai dengan himpunan semesta *input*. Proses fuzzifikasi disajikan dalam persamaan 2.10 berikut.

$$x = \text{fuzzifier}(x_0) \quad (2.11)$$

Notasi x merepresentasikan variabel *fuzzy*, *Fuzzifier* merupakan pengubah nilai *crisp* ke himpunan *fuzzy*, dan x_0 merepresentasikan sebagai nilai tegas dari suatu masukan. Ada 2 komponen utama pada fuzzifikasi ini yaitu sebagai berikut (Thamrin, 2012).

A. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan merupakan kurva diperoleh dari representasi himpunan *fuzzy* untuk memperoleh derajat keanggotaan. Fungsi keanggotaan yang sudah disusun dari nilai-nilai *input* akan menjadi informasi *fuzzy* dalam pengolahan metode *fuzzy*. Banyak jumlah fungsi

keanggotaan *fuzzy* dalam *fuzzy set* akan menentukan banyak aturan yang harus dibuat. www.itk.ac.id

B. Label

Fuzzy set memiliki beberapa fungsi keanggotaan yang disesuaikan dengan kebutuhan. Setiap fungsi keanggotaan akan diberikan label atau nama. Nama tersebut dapat dinyatakan sesuai keinginan seperti “besar”, “sedang”, “kecil”, dan lain-lain.

2.9.6 Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan terdiri dari kaidah aturan (*rule base*) dan fakta (*data base*). Fakta yaitu informasi suatu objek, peristiwa, atau situasi yang diteliti. Basis data berfungsi untuk memperoleh definisi dari himpunan *fuzzy* dari data *input* dan data *output* agar dapat digunakan oleh variabel linguistik dalam basis aturan, sedangkan kaidah aturan berisi informasi tentang fakta baru atau hipotesa fakta yang telah ada. Kaidah aturan dalam proses *fuzzy* ini terusun dengan pernyataan *IF-THEN*. *IF* digunakan sebagai fakta dan *THEN* sebagai suatu kesimpulan. Jika x merupakan fakta dari variabel X , dan y adalah kesimpulan dari variabel Y sehingga dapat dituliskan sebagai berikut (Hakim, 2010):

$$IF X \text{ is } x \text{ THEN } y \quad (2.12)$$

Menginterpretasikan aturan *IF-THEN* meliputi dua bagian, yaitu pertama mengevaluasi anteseden, dengan melakukan fuzzifikasi pada *input* dan menerapkan operasi Logika *Fuzzy* dengan operator *fuzzy*. Kedua yaitu proses implikasi, dengan menerapkan hasil operasi logika *fuzzy* di bagian anteseden untuk mengambil suatu kesimpulan dengan menginputkan *fuzzy set* ke variabel *output* (Naba, 2009).

Kombinasi antara Logika *Fuzzy* dengan sistem aturan atau biasa disebut dengan *fuzzy rule-based system* yang digunakan pada aturan linguistik untuk melihat hubungan antara parameter variabel *input* dengan parameter variabel *output* (Mahmud dkk, 2015).

2.9.7 Inferensi

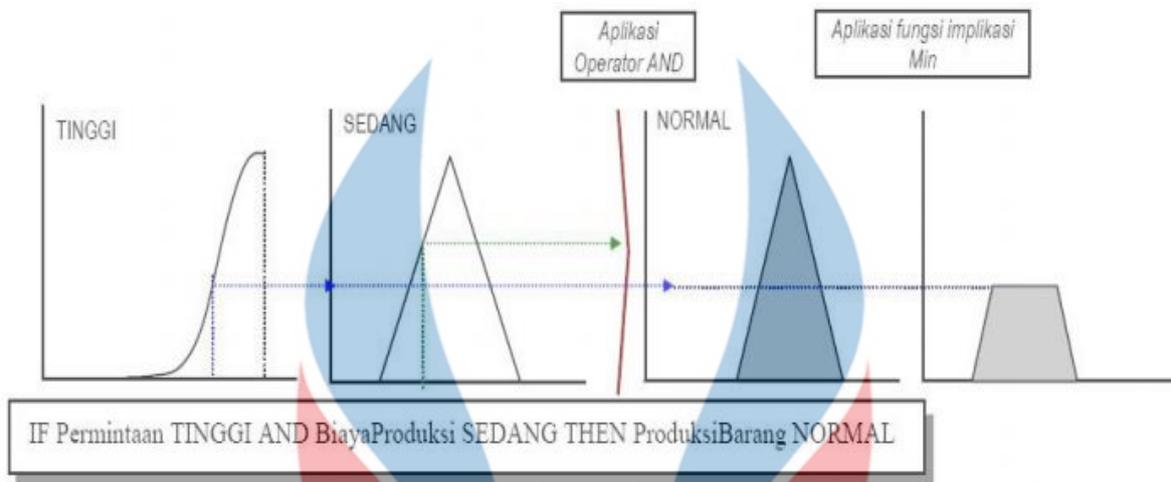
Inferensi atau biasa disebut dengan *Fuzzy Inference System* merupakan bagian inti dari proses Logika *Fuzzy*. Inferensi yaitu penarikan kesimpulan dari kaidah aturan atau *rule fuzzy* yang telah dibuat yang berdasarkan pada himpunan *fuzzy*, *rule fuzzy IF-THEN*, dan penalaran dari *input* dan *output* berupa himpunan *crisp* (Thamrin Fanoeel, 2012). Langkah-langkah dalam melakukan inferensi yaitu mengevaluasi aturan terlebih dahulu, dimana mengevaluasi aturan memiliki arti yaitu mencari nilai atau menyimpulkan proses yang tersusun dari aturan *IF-THEN*. Dari setiap satu *rule* akan menghasilkan satu *output*. *Rule* akan aktif apa bila kondisi input memenuhi aturan pernyataan *IF*. Pernyataan *IF* menghasilkan *output control* berdasarkan aturan pernyataan *THEN* dari pakar. Suatu *rule* dapat memiliki beberapa kondisi *input*, yang dihubungkan dengan *AND* atau *OR* dan mendapatkan *rule output*.

Logika *Fuzzy* Mamdani, Logika *Fuzzy* Tsukamoto, dan Logik *Fuzzy* Sugeno merupakan Logika *Fuzzy* yang menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS). Metode *Fuzzy* Mamdani adalah metode yang paling sering dijumpai pada penelitian-penelitian yang ada. Hal tersebut karena metode mamdani merupakan metode yang pertama kali berhasil diterapkan pada Logika *Fuzzy*.

2.9.8 Implikasi

Implikasi merupakan proses Logika *Fuzzy* untuk mendapatkan *output* dalam aturan *IF-THEN* berdasarkan derajat *antecedent*. Ketika *rule* diberi bobot, maka aturan *IF-THEN* juga harus dikalikan dengan bobot tersebut. Pada umumnya bobot dalam aturan *IF-THEN* diset dengan bobot 1 sehingga tidak memiliki pengaruh terhadap proses implikasi. Namun sebuah *rule* juga dapat diberikan bobot antara 0 dan 1. Semakin besar bobot dari *rule* maka akan semakin besar efek *rule* terhadap keluarannya. Setelah proses tersebut, proses implikasi dapat dilakukan. Untuk setiap *rule* akan dilakukan proses implikasi. Implikasi akan mengubah *output fuzzy set* yang dihasilkan dari *consequent* (Naba, 2009). Proses

implikasi dilakukan dengan menggunakan fungsi *MIN* yang dimana akan memotong *output* himpunan *fuzzy* seperti Gambar 2.6 berikut (Kusumadewi, 2002).

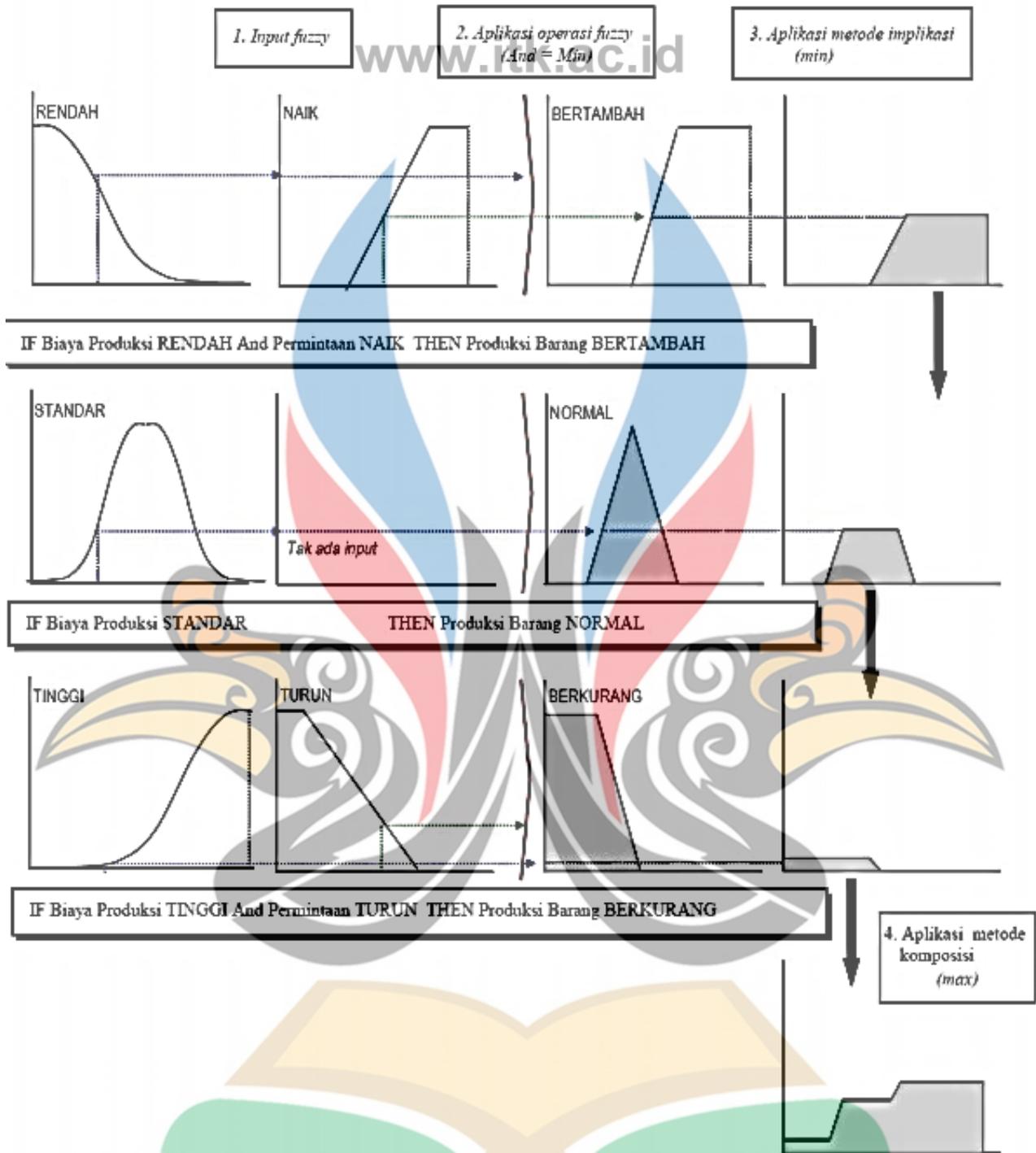


Gambar 2.6 Aplikasi Fungsi Implikasi *MIN* (Kusumadewi, 2002)

Berdasarkan Gambar 2.6, himpunan tinggi memiliki derajat keanggotaan yang lebih kecil dari pada himpunan sedang, oleh karena itu derajat keanggotaan dari tinggi yang menjadi *output* pada aturan implikasi tersebut.

2.9.9 Agregasi

Setelah *output* yang diperoleh dari fungsi implikasi dengan aturan *IF-THEN*, pada tahap selanjutnya yang dilakukan yaitu tahap agregasi. Agregasi merupakan proses mengombinasikan semua keluaran yang dihasilkan dari tahap implikasi menjadi suatu set tunggal. Pada dasarnya proses agregasi menggunakan fungsi *MAX*. tahap proses agregasi dapat dilihat pada pada Gambar 2.7 sebagai berikut.



Gambar 2.7 Komposisi Aturan Fuzzy Metode MAX-MIN (Kusumadewi, 2002)

2.9.10 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses mengubah *output* tahap agregasi kedalam bentuk himpunan *fuzzy*. *Input* dari proses defuzzifikasi yaitu suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari hasil proses agregasi, sedangkan *output* yang dihasilkan dari defuzzifikasi adalah himpunan *crisp* pada domain yang telah ditentukan. Setelah diperoleh *output* defuzzifikasi berbentuk himpunan *fuzzy*, maka akan dilakukan perubahan *output* tersebut kedalam bentuk *crisp* berdasarkan keanggotaan yang sudah ditentukan.

Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan *fuzzy*, salah satunya adalah Metode *Centroid (Composite Moment)*. Pada metode ini, diperoleh dengan mengambil titik pusat dari daerah *fuzzy*. Defuzzifikasi dirumuskan sebagai berikut (Kusumadewi, 2002).

$$Z = \frac{\int x\mu(x)dx}{\int \mu(x)dx} \quad (2.13)$$

Berdasarkan rumus 2.13 diatas, Z merupakan nilai dari defuzzifikasi yang akan dicari, x merupakan anggota himpunan dari *fuzzy*, dan $\mu(x)$ merupakan derajat keanggotaan dari suatu elemen dalam suatu himpunan.

2.10. Metode *Fuzzy Mamdani*

Metode *Fuzzy Mamdani* yaitu Logika *Fuzzy* yang sering disebut dengan metode *MIN-MAX*. Metode Mamdani diusulkan pertama kali oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode *Fuzzy Mamdani* menggunakan sekumpulan aturan *IF-THEN* kaidah aturan yang telah dibuat berdasarkan pakar atau dari hasil analisis (Naba, 2009).

Metode *Fuzzy Mamdani* menghasilkan *output* berupa *fuzzy set*. Untuk menghitung *output* dari aturan *IF-THEN*, metode ini harus menghitung luas dibawah kurva *fuzzy set* pada bagian *output THEN*. Langkah selanjutnya metode mamdani menghitung rata-rata (*Centroid*) luas dari semua *fuzzy set output* dari seluruh kaidah aturan, kemudian menginputkan rata-rata tersebut kedalam variabel *output Fuzzy Inference System* (Naba, 2009).

Untuk memperoleh hasil dari Metode *Fuzzy Mamdani*, diperlukan Langkah-langkah sebagai berikut (Kusumadewi, 2002).

2.10.1 Fuzzifikasi

Pada Proses fuzzifikasi, variabel akan ditentukan terlebih dahulu yaitu variabel *input* dan *output* yang akan diteliti dan mengubah himpunan variabel tersebut dari himpunan *crisp* menjadi himpunan *fuzzy*.

2.10.2 Aplikasi Fungsi Implikasi

Tahap kedua yaitu membuat kaidah aturan dan penerapan fungsi implikasi. fungsi implikasi yang digunakan adalah metode *MIN* dengan menggunakan operator *AND*. Operator ini akan mengambil nilai keanggotaan paling kecil antara himpunan himpunan yang bersangkutan yang dinyatakan dengan :

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (2.14)$$

2.10.3 Komposisi Aturan

Tahap selanjutnya dalam proses *Fuzzy Mamdani* yaitu komposisi aturan. Pada tahap ini, Logika *Fuzzy Mamdani* menentukan inferensi dari kumpulan dan korelasi antar aturan *output* dari hasil fungsi implikasi dengan menggunakan metode *MAX*. Tahap ini menggunakan seluruh *output* fungsi implikasi dengan cara mengambil nilai maksimum, kemudian menggunakan dan memodifikasi daerah *fuzzy* dan menghasilkan suatu *output*. Jika semua proposisi telah di evaluasi, maka *output* akan menghasilkan suatu keluaran himpunan *fuzzy*.

2.10.4 Defuzzifikasi

Tahap akhir dari Metode *Fuzzy Mamdani* ini yaitu proses defuzzifikasi. *Input* dari proses defuzzifikasi ini yaitu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan yaitu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Hasil dari *output* tersebut berbentuk himpunan

fuzzy akan diubah menjadi suatu nilai *crisp* berdasarkan domain yang telah ditentukan.

www.itk.ac.id

Proses defuzzifikasi pada Metode *Fuzzy Mamdani* menggunakan Metode *Centroid*. Metode *Centroid* merupakan metode semua komposisi aturan digabungkan dengan tujuan untuk membentuk hasil yang optimal dan mengambil pusat dari daerah *fuzzy* tersebut. Defuzzifikasi dengan Metode *Centroid* akan menentukan momen, luas, dan titik pusat.

Proses defuzzifikasi dalam menentukan titik pusat daerah *fuzzy* dilakukan dengan rumus yang disajikan sebagai berikut (Kusumadewi, 2002).

$$Z^* = \frac{\int_z z\mu(z)dz}{\int_z \mu(z)dz} \quad (2.15)$$

Berdasarkan rumus diatas, Z^* merupakan nilai hasil yang diperoleh dari defuzzifikasi, $\mu(z)$ merupakan nilai keanggotaan, dan $\int_z z\mu(z)dz$ merupakan momen untuk semua daerah hasil komposisi aturan.

2.11. Software Quantum GIS

Quantum GIS atau biasa disebut QGIS merupakan sebuah *software SIG Open Source* yang *user friendly* dengan lisensi di *General Public License*. QGIS dapat dijalankan pada *Windows* dan mendukung banyak format dan fungsionalitas data dari vektor, basis data, dan raster. Kelebihan yang dimiliki QGIS yaitu QGIS dapat membuka banyak jenis data spasial, tampilan QGIS yang simpel, dan Berlisensi serta *OpenSource*.

SIG merupakan sebuah perangkat sistem yang dirancang agar orang-orang dari seluruh dunia dapat bekerja dengan data yang saling berkaitan. SIG sebagai pembuatan, penyimpanan, manipulasi, dan analisis data georgrafis. SIG juga merupakan konsep yang dapat melibatkan *hardware* dan *software* yang tinggi atau rumit. Tetapi dengan adanya QGIS, orang-orang dapat memenuhi tujuan yang dibutuhkan dengan perangkat SIG yang sederhana dan aplikasi yang dapat diakses oleh semua orang.

www.itk.ac.id

2.12. Penelitian Terdahulu

Pada sub bab ini merupakan rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan. Rangkuman hasil penelitian terdahulu disajikan dalam Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Arifin, 2015	Metode : <i>Fuzzy Logic Mamdani</i> Hasil: Hasil penelitian menghasilkan daerah kerentanan aman, rawan, dan banjir. Dengan menggunakan metode yang berbeda pada tahap defuzzifikasi, diperoleh hasil pada Kelurahan Bulu Lor dengan Metode <i>Centroid</i> yaitu banjir, LOM yaitu banjir, SOM yaitu banjir, MOM yaitu banjir, dan Bisector adalah banjir. Pada Kelurahan Tanjung Mas dengan Metode <i>Centroid</i> yaitu rawan, LOM yaitu banjir, SOM yaitu aman, MOM yaitu rawan, dan bisector yaitu rawan.
2	Saputra, 2016	Metode : <i>Fuzzy Logic Mamdani</i> Hasil : Kecamatan Pujon merupakan daerah yang berpotensi untuk terjadinya longsor. Terdapat 2 desa dengan kategori Rawan longsor dan 8 desa dengan kategori agak rawan longsor.
3	Herlambang, 2011	Metode : Penelitian kuantitatif dengan metode <i>survey</i> . Hasil : Hasil penelitian memaparkan hasil blok 1 dengan nilai 27 kategori tinggi, blok nilainya 26 kategori tinggi, blok 3 nilainya 27 kategori tinggi, blok 4 nilainya 26 kategori tinggi, dan blok 5 dengan nilai paling rendah yaitu 24 termasuk dalam kategori sedang.