

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tuberkulosis

Tuberkulosis (TB atau TBC) adalah suatu penyakit menular yang disebabkan oleh kuman *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri penyebab TBC ini umumnya menyerang paru-paru. Penularan penyakit TB dapat terjadi karena adanya kontak dengan penderita TB dengan Basil Tahan Asam (BTA) positif. Berdasarkan penelitian, penderita TB mampu menularkan bakteri *Mycobacterium tuberculosis* kepada 65% orang disekitarnya. Penyebaran bakteri ini ke orang lain bisa melalui percikan air liur yang dilepaskan ke udara saat penderita TBC bersin, batuk atau meludah, namun penularan penyakit TBC ini tidak semudah penyebaran flu atau batuk.

Gejala utama pasien TBC yaitu batuk berdahak selama 3 minggu atau lebih, batuk dapat diikuti dengan gejala tambahan yaitu berdahak campur darah, sesak nafas, badan lemas, nafsu makan yang menurun, berat badan menurun, malaise, berkeringat malam hari tanpa kegiatan fisik serta demam meriang lebih dari satu bulan (Kemenkes RI,2018).

Infeksi primer terjadi kurang lebih selama 12 minggu, lalu tubuh akan mengeluarkan kekebalan spesifik terhadap basil tuberkulosis, selanjutnya kelenjar limfe mengalami pembesaran sebagai penyebab penyebaran limfogen. Setelah itu tubuh akan mengalami tanda dan gejala sebagai berikut:

- a. Batuk yang disertai peningkatan frekuensi napas.
- b. Terjadinya ekspansi paru buruk pada tempat yang sakit.

- c. Bunyi napas ronki kasar dan hilang.
- d. Terdapat suara pekak saat perkusi.
- e. Serta demam persisten.

Penyakit TBC paru disebabkan ketika daya tahan tubuh menurun. Dalam perspektif epidemiologi yang melihat kejadian penyakit sebagai hasil interaksi antar tiga komponen pejamu (*host*), penyebab (*agent*), dan lingkungan (*environment*). Pada sisi pejamu, kerentanan terhadap infeksi *Mycobacterium tuberculosis* sangat dipengaruhi oleh daya tahan tubuh seseorang pada saat itu. Pengidap HIV AIDS atau orang dengan status gizi buruk lebih mudah untuk terinfeksi dan terjangkit TBC paru (Kemenkes RI, 2018).

Penentuan klasifikasi penyakit dan tipe pasien TB berdasarkan pendapat (Kemenkes RI, 2018) diperlukan suatu defenisi kasus yang meliputi empat hal yaitu:

1. Berdasarkan organ tubuh yang diserang penyakit TB dibagi dua yaitu TB paru dan TB ekstra paru (pleura, selaput otak, selaput jantung, persendian, kulit, usus, ginjal, saluran kencing, alat kelamin, dan lain-lain).
2. Berdasarkan hasil pemeriksaan dahak mikroskopis penyakit TB diklasifikasikan menjadi dua yaitu TB paru BTA positif dan TB paru BTA negatif.
3. Berdasarkan tingkat keparahan klasifikasinya penyakit TB dibagi dua yaitu TB berat dan TB ringan. Pada pasien TB paru disebut TB berat bila gambaran foto toraks memperlihatkan gambaran kerusakan yang luas pada organ paru dan atau keadaan pasien yang buruk. Sedangkan TB

ringan jika foto toraks memperlihatkan gambaran kerusakan yang sedikit pada paru dan keadaan pasien tidak terlalu buruk.

4. Berdasarkan riwayat pengobatan sebelumnya klasifikasi TB dibagi menjadi 6 tipe pasien yaitu kasus baru, kasus kambuh (relaps), kasus putus berobat (default), kasus gagal (failure), kasus pindahan (transfer in), dan kasus lain.

Menurut (Widiyanto Sentot, 2009) dalam (Ellena, 2019) pencegahan TB dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

- a. Menjaga kesehatan tubuh
- b. Mengonsumsi makanan bergizi
- c. Istirahat yang cukup
- d. Olahraga teratur
- e. Mengonsumsi multivitamin untuk menjaga daya tahan tubuh
- f. Menghindari kontak langsung dengan penderita TB aktif
- g. Pastikan rumah memiliki sirkulasi udara yang baik agar dapat membantu menghilangkan bakteri.

Pengobatan penderita TB menurut Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah (2006) yaitu:

1. Sistem pengobatan dahulu, dimana seorang penderita TB disuntik setiap hari selama 1-2 tahun.
2. Sistem pengobatan terbaru, penderita TB diwajibkan mengonsumsi obat selama 6 bulan. Jenis obat kombipak/FDC warna merah harus diminum setiap hari selama 2 bulan, dan untuk jenis obat kombipak/FDC warna

kuning diminum 3 kali seminggu selama 4 bulan.

3. Sistem pengobatan pada seorang pasien penderita TB yang kambuh atau gagal pada pengobatan pertama harus menjalani pengobatan selama 8 bulan. Untuk jenis obat kombipak/FDC warna merah harus diminum setiap hari selama 3 bulan, suntikan streptomycin setiap hari selama 2 bulan, dan untuk jenis obat kombipak/FDC warna kuning diminum 3 kali seminggu selama 5 bulan. Pengobatan dapat dilakukan di beberapa tempat seperti puskesmas, rumah sakit, balai kesehatan paru masyarakat dan dokter umum atau spesialis.

## 2.2 Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif merupakan analisis yang berfungsi untuk memberikan gambaran umum tentang metode-metode untuk menyajikan data sampel atau populasi. Statistik deskriptif mempelajari cara-cara pengumpulan, penyusunan dan penyajian data suatu penelitian. Data yang diberikan dapat dideskripsikan menjadi grafik atau tabel dan secara numerik. Ukuran pemusatan meliputi mean, median dan modus sedangkan ukuran penyebaran data meliputi rentang, varian dan standar deviasi (Walpole, 1995) dalam (Fitri, 2017).

## 2.3 Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan (*forecasting*) merupakan seni dan ilmu untuk memperkirakan kejadian atau suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data masa kini (Minarni dan Aldyanto, 2016) dalam (Gerry, 2019). Peramalan digunakan untuk menduga perubahan yang akan terjadi dan dilakukan untuk menghadapi situasi yang tidak pasti. Peramalan

berkaitan dengan upaya memperkirakan apa yang akan terjadi dimasa depan, berbasis pada metode ilmiah atau ilmu dan teknologi, serta dilakukan secara sistematis.

Menurut Aswi dan Sukarna (2006) dalam (Mahadi, 2020), berdasarkan jenisnya, metode peramalan dapat dibedakan menjadi dua kategori yaitu:

1. Peramalan kualitatif

Peramalan kualitatif merupakan peramalan yang didasarkan berdasarkan argumen atau pendapat suatu pihak dan datanya tidak dapat direpresentasikan menjadi suatu nilai atau angka. Metode kualitatif lebih mempercayai hasil intuisi dibandingkan pada rumus matematik.

2. Peramalan kuantitatif

Peramalan kuantitatif merupakan peramalan yang didasarkan pada informasi tentang data masa lalu yang berbentuk angka atau nilai, dengan asumsi bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut pada masa yang akan datang. Hasil peramalan sangat bergantung pada pemilihan metode peramalan yang tepat. Nilai peramalan yang baik ditentukan oleh penyimpangan antara hasil peramalan dengan kenyataan yang terjadi, dimana metode yang memberikan nilai penyimpangan terkecil atau nilai kesalahan (*error*) terkecil merupakan metode yang terbaik. Peramalan metode kuantitatif dapat diterapkan dengan kondisi seperti berikut:

- a. Tersedia informasi historis data yang akan digunakan.
- b. Informasi dapat diubah menjadi bentuk data numerik.
- c. Dapat diasumsikan bahwa pola data masa lalu akan berlanjut di masa yang

akan datang.

Berdasarkan model yang mendasarinya metode kuantitatif dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- a. Metode runtun waktu (*time series*), yaitu metode yang digunakan untuk meramalkan masa depan berdasarkan nilai masa lalu. Adapun tujuan metode peramalan runtun waktu yaitu untuk menentukan pola dalam data deret historis dan membuat pola dalam data deret historis tersebut ke masa depan.
- b. Metode Regresi (kausal), yaitu metode analisis yang dilakukan dengan memasukkan dan menguji variabel-variabel bebas atau variabel yang diduga mempengaruhi variabel terikat.

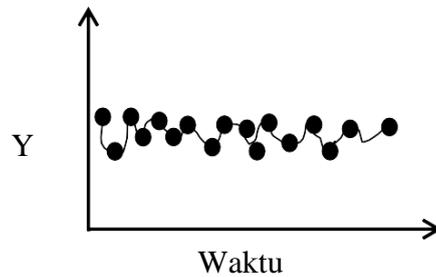
#### **2.4 Analisis Runtun Waktu (*Time Series*)**

Analisis runtun waktu (*time series*) merupakan himpunan observasi data terurut dalam waktu. Metode *time series* adalah metode peramalan dengan menggunakan analisis pola hubungan antara variabel waktu dengan variabel yang akan diperkirakan. Peramalan data *time series* perlu memperhatikan tipe atau pola data. Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu (Hikmah,2018):

##### **1. Pola Horizontal**

Pola horizontal terjadi apabila nilai data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan. Deret seperti ini adalah stasioner terhadap nilai rata-ratanya.

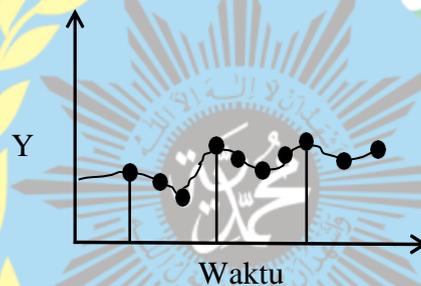
Pola data horizon ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Pola Data Horizontal

## 2. Pola Musiman

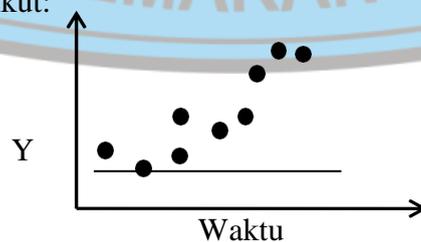
Pola musiman terjadi apabila data berfluktuasi, namun fluktuasi tersebut terlihat berulang dalam satu interval waktu tertentu, seperti waktu dalam kuartalan, triwulan, bulanan, minngguan atau harian. Pola musiman dapat digambarkan pada Gambr 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Pola Data Musiman

## 3. Pola *Trend*

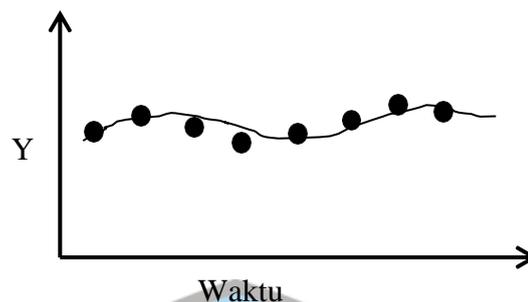
Pola ini terjadi jika suatu data bergerak pada jangka waktu tertentu dan cenderung menuju ke satu arah baik naik atau turun. Pola ini dapat digambarkan pada Gambar 2.3 berikut:

Gambar 2.3 Pola Data *Trend*

## 4. Pola Siklis

Pola siklis terjadi jika data ada gerakan naik atau turun secara siklis disekitar *trend* atau kondisi normal. Pola siklis dapat dilihat pada Gambar 2.4

berikut:



Gambar 2.4 Pola Data Siklis

Menurut (Makridakis, dkk, 1999) dalam (Muhammad, 2020) data runtun waktu adalah data yang disusun berdasarkan urutan waktu atau data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu. Data runtun waktu berhubungan dengan data statistik yang dicatat dan diselidiki dalam interval waktu, seperti penjualan, harga, persedian, produksi, tenaga kerja, nilai tukar (kurs), harga saham dan lain-lain.

Pola gerakan data dapat diketahui dengan adanya data runtun waktu, adapuntujuan analisis runtun waktu antara lain:

- a. Meramalkan kondisi dimasa yang akan datang (*forecasting*)
- b. Mengetahui hubungan atau model antar peubah
- c. Kepentingan kontrol (untuk mengetahui apakah proses terkendali atau tidak).

## 2.5 Logika Fuzzy

Konsep logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astur Zadeh pada tahun 1965. Logika fuzzy merupakan salah satu komponen pembentuk soft computing. Adapun dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy. Peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam

suatu himpunan sangatlah penting dalam teori himpunan fuzzy. Ciri utama dalam penalaran dengan logika fuzzy yaitu memiliki nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan.

Ilmu logika klasik menyatakan bahwa segala sesuatu bersifat biner. Sifat tersebut memiliki arti bahwa sesuatu hanya mempunyai dua kemungkinan seperti “ya atau tidak”, benar atau salah”, dan lain-lain. Berdasarkan hal tersebut suatu nilai dalam logika klasik hanya mempunyai nilai keanggotaan 0 atau 1, sedangkan pada logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan berada pada rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu), namun seberapa besar nilai kebenaran dan kesalahan tergantung pada bobot atau derajat keanggotaan yang dimilikinya.

Menurut Sutojo, dkk (2010) dalam (Muhammad, 2020) hal-hal yang harus diperhatikan dalam memahami logika *Fuzzy* yaitu:

1. Variabel *fuzzy*, yaitu variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*, seperti contoh umur, temperature, penghasilan dan sebagainya.
2. Himpunan fuzzy, yaitu suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy.
3. Semesta pembicaraan, yaitu 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. Seperti contoh semesta pembicaraan untuk variabel umur yaitu  $[0, \infty]$ .

4. Domain himpunan fuzzy, adalah keseluruhan nilai yang diizinkan 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.

Seperti contoh:

- Muda :  $[0,35]$
- Parobaya :  $[35,33]$
- Tua :  $[55, \infty]$

## 2.6 Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy adalah suatu himpunan yang sifatnya samar. Himpunan ini mengembangkan logika banyak nilai (*many-valued logic*) yang titik utamanya tidak hanya nilai benar atau salah, namun masih memiliki nilai ketiga yang bersifat netral.

Menurut (susilo, 2006) dalam (Brata, 2016), teori himpunan samar diperkenalkan oleh Lotfi Asker Zadeh tahun 1965, dimana Zadeh memperluas teori mengenai himpunan klasik menjadi himpunan samar (*fuzzy set*) sehingga himpunan tegas (*crisp*) merupakan kejadian khusus dari himpunan samar. Kemudian Zadeh mendefinisikan himpunan kabur dengan menggunakan fungsi keanggotaan (*membership function*) suatu item  $x$  dalam suatu himpunan  $A$ , yang sering ditulis dengan  $(x)$  yang memiliki dua kemungkinan yaitu:

1. Bernilai 1, menunjukkan suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau

2. Bernilai 0, menunjukkan suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Contoh 1

Jika diketahui:

$S = \{1,2,3,4,5\}$  adalah semesta pembicaraan.  $A = \{1,2,3\}$

$B = \{3,4,5\}$

Dapat dikatakan bahwa:

- Nilai keanggotaan 2 pada himpunan A,  $(2) = 1$ , karena  $2 \in A$ .
- Nilai keanggotaan 4 pada himpunan A,  $(4) = 0$ , karena  $4 \notin A$ .
- Nilai keanggotaan 2 pada himpunan B,  $(2) = 0$ , karena  $2 \notin B$ .
- Nilai keanggotaan 3 pada himpunan B,  $(3) = 1$ , karena  $3 \in B$ .

Di dalam teori himpunan *fuzzy*, keanggotaan suatu elemen di dalam himpunan dinyatakan dengan derajat keanggotaan (membership values) yang nilainya terletak di dalam selang  $[0,1]$ . Derajat keanggotaan ditentukan dengan 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 (Uliana 2017).

$$\mu_A: (X) \rightarrow [0,1] \quad (2.1)$$

Arti derajat keanggotaan yaitu:

- Jika  $\mu_A(x) = 1$ , maka  $x$  merupakan anggota penuh dari himpunan A
- Jika  $\mu_A(x) = 0$ , maka  $x$  bukan merupakan anggota himpunan A
- Jika  $(x) = \mu$ , dengan  $0 < \mu < 1$  maka  $x$  merupakan anggota himpunan A

dengan derajat keanggotaan sebesar  $\mu$ .

Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut yaitu:

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu kumpulan yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti pada suhu yaitu dingin, sejuk, normal, dan panas.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti, variabel usia adalah 15, 20, 45, dan 75.

## 2.7 Fungsi Keanggotaan Fuzzy

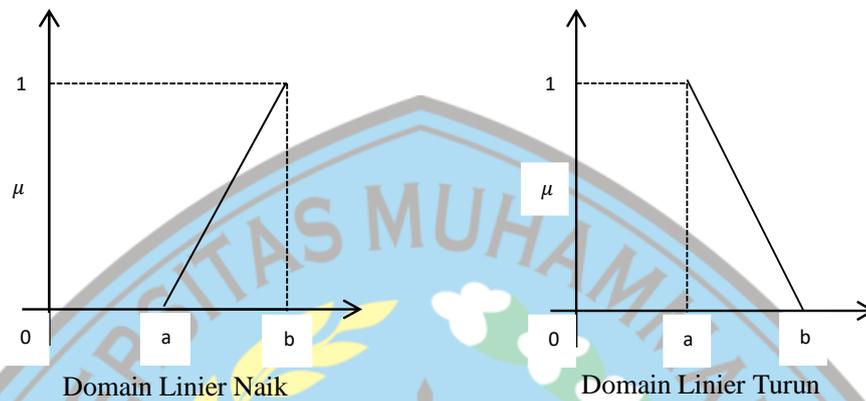
Fungsi keanggotaan fuzzy (membership function) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya atau derajat keanggotaannya yang memiliki nilai interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi (Kusumadewi, 2003) dalam (Siti, 2019). Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan yaitu:

### 1. Representasi linier

Pada representasi linier pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai garis lurus. Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang linier, yaitu representasi linier naik dan turun. Representasi linier naik yaitu kenaikan himpunan yang dimulai pada nilai domain dengan derajat keanggotaan 0 (nol) bergerak ke kanan menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi. Sedangkan representasi linier turun, yaitu garis lurus yang dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri lalu bergerak turun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan

lebih rendah.

Gambar 2.5 berikut menunjukkan karakteristik representasi linier naik dan turun dalam bentuk skema.



Gambar 2.5 Representasi Linier Naik Dan Turun

Fungsi keanggotaan linier naik yaitu:

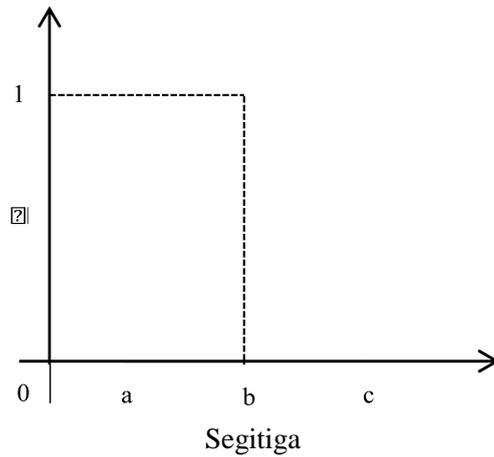
$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x > b \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan linier turun yaitu:

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

## 2. Representasi kurva segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya yaitu gabungan antara representasi linier naik dan turun. Representasi kurva segitiga dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut :



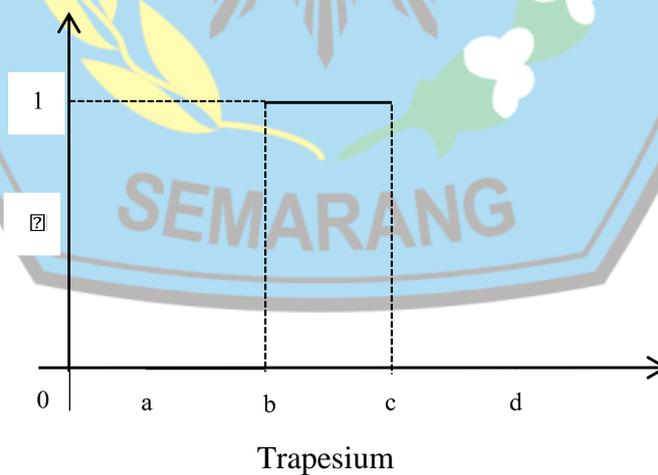
Gambar 2.6 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan kurva segitiga yaitu:

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

### 3. Representasi kurva trapesium

Pada dasarnya kurva trapesium berbentuk segitiga, hanya saja terdapat beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 seperti pada Gambar 2.7 berikut ini.



Gambar 2.7 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan kurva trapesium yaitu:

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

## 2.8 Fuzzy Time Series

*Fuzzy time series* adalah metode peramalan data yang menggunakan prinsip-prinsip fuzzy sebagai dasarnya. Sistem peramalan dengan *fuzzy time series* menangkap pola dari data yang telah lalu, kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang. Himpunan *fuzzy* dapat diartikan sebagai suatu kelas bilangan dengan batasan samar. Nilai-nilai yang digunakan dalam peramalan *fuzzy time series* adalah himpunan *fuzzy* dari bilangan-bilangan real atas himpunan semesta yang sudah di tentukan. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk menggantikan data historis yang akan diramalkan (Brata, 2016).

**Definisi 1.** Misalkan  $U$  adalah himpunan semesta, dengan  $U = [u_1, u_2, \dots, u_n]$ , dimana  $u_i$  adalah nilai yang mungkin dari  $U$ , kemudian variabel linguistik  $A_i$  terhadap  $U$  dapat dirumuskan sebagai berikut (Rahmawan, 2019):

$$A_i = \frac{f_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{f_{A_i}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_{A_i}(u_n)}{u_n}$$

Dimana  $f_{A_i}$  menunjukkan fungsi keanggotaan dari himpunan kabur  $A_i$  sehingga  $f_{A_i}: U \rightarrow [0,1]$  dan  $f_{A_i}(u_i)$  adalah derajat keanggotaan dari  $u_i$  dalam  $A_i$ ,  $f_{A_i}(u_i) \in [0,1]$  dan  $i = 1, 2, \dots, n$ .

**Definisi 2.** Misalkan himpunan semesta  $Y_{(t)}, t = \dots, 0, 1, 2, \dots, n, \dots$  adalah

himpunan bagian dari  $\mathbf{R}$  yang didefinisikan dengan himpunan *fuzzy* (kabur)  $A_i$ . Jika  $F_{(t)}$  terdiri dari  $A_i$ , maka  $F_{(t)}$  didefinisikan sebagai *fuzzy time series* (FTS) pada  $Y_{(t)}$ .

**Definisi 3.** Misalkan  $(t)$  disebabkan oleh  $(t-1)$ , maka relasi dari orde pertama dari  $(t)$  dapat ditulis sebagai  $F_{(t)} = F_{(t-1)} \circ R_{(t,t-1)}$ . Dimana  $(t,-1)$  adalah matriks relasi untuk menggambarkan hubungan kabur antara  $F_{(t-1)}$  dan  $F_{(t)}$ , sedangkan tanda ‘ $\circ$ ’ merupakan operator komposisi maksimum-minimum.

**Definisi 4.** Misalkan  $F_{(t)} = A_i$  disebabkan oleh  $F_{(t-1)} = A_j$ , maka *fuzzy logical relationship* (FLR) didefinisikan sebagai  $A_i \rightarrow A_j$ . Jika terdapat FLR yang diperoleh dari *state*  $A_2$ , maka transisi dibuat ke *state* yang lain  $A_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , seperti contoh  $A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_1, A_2 \rightarrow A_3$  maka FLR dikelompokkan menjadi *fuzzy logical relationship group* (FLGR) menjadi seperti berikut:

$$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3$$

## 2.9 Weighted Fuzzy Integrated Time Series (WFITS)

Metode *Weighted Fuzzy Integrated Time Series* adalah pengembangan dari Fuzzy Time Series yang awalnya dalam FTS setiap pola relasi yang terbentuk dianggap memiliki bobot yang sama selain hanya menggunakan orde pertama. Maka muncul *Weighted Fuzzy Integrated Time Series* yang memberikan perbedaan bobot pada setiap relasi dan penggunaan orde yang tinggi. Kemudian (Suhartono *et.al.*, 2011) mengembangkan metode *weighted fuzzy integrated time series* yang dapat meramalkan data berpola trend.

Model *weighted fuzzy time series* memperoleh hasil yang baik dalam meramalkan data yang linier maupun non-linier tetapi harus stasioner atau data

musiman tanpa adanya trend, agar memperoleh hasil peramalan yang lebih akurat dalam data musiman atau memiliki trend, perlu dilakukan kombinasi antara data differensi sebagai data yang akan diolah dan metode weighted fuzzy time series. Differensi merupakan konsep dalam metode ARIMA untuk mengubah data non-stasioner menjadi stasioner (Suhartono et al., 2011).

Menurut (Suhartono et al., 2011) langkah-langkah peramalan menggunakan metode WFITS adalah:

1. Melakukan differensi untuk mendapatkan data yang stasioner

Jika pola data tidak stasioner dalam mean maka dilakukan uji formal dengan Uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF-Test), dengan menggunakan taraf signifikansi ( $\alpha$ ) 5% diperoleh hasil uji akar unit dengan ADF- Test.

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

$H_0 : |\phi| = 1$  terdapat akar unit atau data tidak stasioner

$H_1 : |\phi| < 1$  tidak terdapat akar unit atau data stasioner

2. Menggunakan WFITS dengan data differensi untuk mendapatkan hasil peramalan dari proses yang telah stasioner.
3. Melakukan prediksi data testing maupun data training menggunakan metode WFITS algoritma Lee orde pertama dan orde tinggi.

Data training digunakan untuk melatih algoritma, sedangkan data testing untuk mengetahui performa algoritma yang sudah dilatih sebelumnya ketika menemukan data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya. Ini biasanya disebut dengan generalisasi. Pada penelitian ini menggunakan data training dan data testing dengan rasio 75% dan 25%.

Adapun langkah penelitiannya dengan WFITS yaitu sebagai berikut.

Langkah 1. Menentukan semesta pembicara (U)

$$U = [D_{min} - D_1; D_{maks} + D_2] \quad (2.2)$$

Dimana  $D_{min}$  dan  $D_{maks}$  adalah data terkecil dan data terbesar dari semesta pembicaraan U, sedangkan  $D_1$  dan  $D_2$  adalah bilangan acak yang bernilai positif dari semesta pembicaraan U.

Langkah 2. Membagi (partisi) himpunan semesta U menjadi beberapa bagian dengan interval (n) dengan panjang yang sama menggunakan tabel frekuensi dengan rumus Struges.

$$n = 1 + 3,3 \log (n) \quad (2.3)$$

dengan, n : jumlah data observasi,

Perbedaan antara dua interval secara berturut-turut dapat didefinisikan dengan  $l$  sebagai berikut:

$$l = \frac{R}{n} = \frac{[(D_{maks} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{n} \quad (2.4)$$

Dimana  $R$  (range) dan  $n$  yaitu jumlah interval. untuk setiap interval diperoleh:

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{min} - D_1; D_{min} - D_1 + l] \\ u_2 &= [D_{min} - D_1 + l; D_{min} - D_1 + 2l] \\ &\vdots \\ u_n &= [D_{min} - D_1 + (n - l); D_{min} - D_1 + nl] \end{aligned} \quad (2.5)$$

Langkah 3. Menentukan himpunan kabur untuk seluruh himpunan semesta U. tidak ada batasan untuk menentukan banyaknya variabel linguistik yang dapat menjadi himpunan kabur. Untuk mempermudah, maka setiap himpunan kabur:

$A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) didefinisikan dalam jumlah  $n$  interval yaitu:

$$u_1 = [d_1; d_2], u_2 = [d_2; d_3], \dots, u_n = [d_n; d_{n+1}].$$

Suatu himpunan *fuzzy*  $A_i$  dari  $U$  dengan fungsi keanggotaan umumnya dinyatakan sebagai berikut:

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_{A_i}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (2.6)$$

Langkah 4. Melakukan fuzzifikasi terhadap data historis. Tujuan pada langkah ini yaitu untuk menemukan himpunan kabur yang sesuai untuk setiap data.

Andaikan  $(t) = A_i$  disebabkan oleh  $(t-1) = A_j$ , maka *fuzzy logical relationship* (FLR) didefinisikan sebagai  $A_i \rightarrow A_j$ . (2.7)

Langkah 5. Menentukan *fuzzy logical relationship group* (FLRG). Mengelompokkan relasi-relasi logika *fuzzy* yang didapatkan dari langkah 1 menjadi beberapa kelompok untuk semua hasil FLR berdasarkan hasil *left hand side* (LHS) yang sama.

Langkah 6. Menentukan prediksi. Jika  $(t-1) = A_j$ , maka nilai ramalan harus sesuai dengan beberapa aturan berikut:

a. Jika FLRG dari  $A_j$  adalah kosong ( $A_j \rightarrow \emptyset$ ), maka prediksi dari  $F_{(t)}$  adalah  $m_j$ , yaitu titik tengah dari interval  $u_j$ :

$$F_{(t)} = m_j$$

b. Jika FLRG dari  $A_j$  adalah satu ke satu  $A_j \rightarrow A_k$ , ( $j, k = 1, 2, \dots, n$ ) maka prediksi dari  $F_{(t)}$  adalah  $m_k$  yaitu titik tengah dari interval  $u_k$  :

$$F_{(t)} = m_k$$

c. Jika FLRG dari  $A_j$  adalah satu ke banyak  $A_j \rightarrow A_1, A_3, A_5$ , ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) maka prediksi dari  $F_{(t)}$  adalah sama untuk perhitungan rata-rata dari  $m_1, m_3, m_5$  titik tengah dari interval  $u_1, u_3, u_5$  yaitu:

$$F_{(t)} = (m_1 + m_2 + \dots + m_n) / n \quad (2.8)$$

Langkah 7. Melakukan defuzzifikasi, misalkan prediksi  $F_{(t)}$  adalah  $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ , matriks yang didefuzzifikasikan sama dengan matrik nilai titik tengah dari  $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ :

$$M_{(t)} = [m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jk}] \quad (2.9)$$

Dimana  $M_{(t)}$  merupakan nilai defuzzifikasi prediksi dari  $F_{(t)}$ .

Langkah 8. Menentukan bobot. Misalkan perkiraan  $F_{(t)}$  adalah  $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ , matriks bobot yang sesuai dengan  $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$  dengan  $w'_1, w'_2, \dots, w'_k$ , yaitu:

$$w'_i = \frac{w_i}{\sum_{h=1}^k w_h} \quad (2.10)$$

Dengan  $w_1 = 1$  dan  $w_i = c^{i-1}$  untuk  $c \geq 1$  dan  $2 \leq i \leq k$  atau dapat ditulis menjadi:

$$W_{(t)} = \left[ \frac{1}{\sum_{h=1}^k w_h}, \frac{c}{\sum_{h=1}^k w_h}, \frac{c^{k-1}}{\sum_{h=1}^k w_h} \right] \quad (2.11)$$

Dalam menentukan nilai C digunakan optimasi Golden Section. Golden section merupakan salah satu metode optimasi numeric yang dapat diterapkan untuk fungsi yang bersifat unimodal. Kedua tipe optimasi yaitu maksimasi dan minimasi, dapat diselesaikan dengan cara ini. Golden section (search) method merupakan metode optimasi satu variabel yang sederhana dan mempunyai pendekatan yang mirip dengan metode bisection dalam penentuan akar persamaan tak linier. Adapun proses memperoleh nilai C optimal yaitu dengan menentukan banyaknya iterasi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$k < \frac{\ln \varepsilon - \ln L_0}{\ln r} \quad (2.12)$$

Dimana  $\varepsilon = 0,05$  , nilai  $r = 0,618$  dan  $L_0$  yaitu panjang selang ketidakpastian dengan rumus:

$$L_0 = b - a \text{ (batas atas - batas bawah)}$$

Langkah 9. Menghitung nilai prediksi akhir.

Dalam model pembobotan, hasil akhir prediksi sama dengan perkalian matriks defuzzifikasi dalam matriks pembobotan.

$$\hat{F}(t) = M(t)x w(t)^T = [m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jk}]x [w'_1, w'_2, \dots, w'_k]^T \quad (2.13)$$

Dimana  $x$  adalah operator perkalian matriks.

Untuk perhitungan selanjutnya peneliti akan menerapkan WFTIS dengan menggunakan algoritma Lee pada Orde Pertama dan Lee orde tinggi. Menghitung nilai prediksi untuk Lee Orde Pertama tahap selanjutnya dilakukan dengan cara mengembalikan data ke dalam skala awal yaitu dengan menjumlahkan nilai prediksi ( $\hat{F}(t)$ ) dan data asli sebelumnya ( $Y(t-1)$ ). Sedangkan untuk prediksi dengan Lee Orde Tinggi memiliki beberapa kesamaan dengan langkah sebelumnya, namun dalam perhitungan *fuzzy logical relationship* (FLR) untuk orde tinggi melibatkan 2 (dua) atau lebih data historis yang disimbolkan dengan ( $F_{(t-n)}, \dots, F_{(t-2)}, F_{(t-1)}$ ).

## 2.10 Ketepatan Model Peramalan

Metode peramalan dengan nilai *error* (kesalahan) terkecil merupakan metode yang akan dipilih sebagai metode peramalan di masa yang akan datang. Terdapat beberapa metode untuk menguji ukuran kesalahan peramalan, diantaranya RMSE (Root Mean Square Error) dan MAPE (Mean Absolute Percentage Error). Pada umumnya nilai RMSE dan MAPE yang

kecil menunjukkan makin akuratnya hasil peramalan, apabila nilai MAPE berada dibawah 10% berarti model memiliki kinerja sangat bagus, apabila diantara 10% dan 20% memiliki kinerja bagus, apabila diantara 20% dan 50% kinerjanya cukup bagus dan apabila di atas 50% memiliki kinerja buruk (Rahmawan, 2019).

a. *Root Mean Square Error* (RMSE), digunakan untuk mengukur kesalahan nilai dugaan atau prediksi model yang dinyatakan dalam rata-rata akar dari kesalahan kuadrat. RMSE dapat digunakan untuk membandingkan beberapa model estimasi dari sebuah realisasi deret waktu yang sama. Nilai RMSE yang lebih rendah menandakan model tersebut lebih cocok atau lebih mendekati dengan data yang ada, persamaa RMSE yaitu:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_{(t)} - F_t)^2}{n}} \quad (2.14)$$

b. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), digunakan untuk mengukur besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai asli, persamaan MAPE yaitu:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n |PE_t|}{n} \quad (2.15)$$

Dimana:

$$PE_t = \left( \frac{Y_{(t)} - F_t}{Y_{(t)}} \right) \times 100\%$$

$PE_t$  = presentase kesalahan periode ke- $t$

$Y_{(t)}$  = data aktual period ke- $t$

$F_t$  = nilai peramalan period ke- $t$

$n$  = banyaknya data yang diprediksi