BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Forecasting*

Secara umum *forecasting* (peramalan) memiliki arti tafsiran. Tafsiran dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) berarti penjelasan atau pendapat. Terdapat beberapa definisi terkait peramalan, diantaranya:

a. Peramalan merupakan penggunaan teknik-teknik statistik dalam bentuk gambaran masa depan berdasarkan pengolahan angka-angka historis (Buffa et al, 1996 dalam Aryanti, 2012).
b. Peramalan merupakan bagian integral dari kegiatan pengambilan keputusan manajemen (Makridakis et al, 1999 dalam Aryanti, 2012).
c. Peramalan merupakan proses memprediksi sesuatu dimasa depan menggunakan data dari masa lalu dan memproyeksikannya ke masa depan dengan menggunakan beberapa bentuk model matematis (Heizer dan Render, 2001 dalam Prayogi, 2018).

Berdasarkan definisi diatas dapat disimpulkan bahwa metode peramalan merupakan suatu teknik tersistematis dan pragmatis yang berdasarkan data relavan pada masa lalu dalam memperkirakan hal yang mungkin terjadi di masa depan. Metode peramalan diharapkan mampu memberikan tingkat kepercayaan dan keyakinan yang lebih besar serta dapat diuji atau dibuktikan secara ilmiah.

2.2 Jenis Peramalan

Peramalan dibedakan menjadi dua berdasarkan sifatnya yaitu (Aryanti, 2012):

a. Peramalan Kualitatif

Peramalan berdasarkan atas pendapat suatu pihak, dan datanya tidak bisa direpresentasikan secara tegas menjadi suatu angka atau nilai. Hasil peramalan yang dibuat sangat bergantung pada penyusunnya, karena hasil peramalan berdasarkan atas intuisi, pendapat, pengetahuan dan pengalaman.

b. Peramalan Kuantitatif

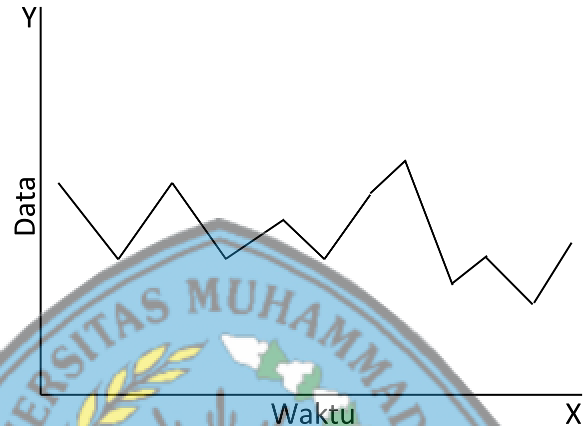
Peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif masa lalu (data historis). Hasil peramalan yang didapatkan sangat bergantung pada metode yang digunakan dalam peramalan tersebut. Baik tidaknya metode yang dipergunakan ditentukan oleh perbedaan atau penyimpangan antara hasil ramalan dengan kenyataan yang terjadi. Semakin kecil penyimpangan antara hasil ramalan dengan kenyataan maka semakin baik metode yang digunakan.

2.3 Deret Berkala

Deret berkala (*Time Series*) adalah data yang disusun berdasarkan urutan waktu atau data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu (Anwary, 2011). Pada deret berkala perlu memperhatikan pola data deret berkala. Pola data deret berkala dikelompokkan menjadi 4 jenis yaitu (Makridakis et al, 1999 dalam Aryanti, 2012):

1. Pola Horizontal (H) atau *Horizontal Data Pattern*

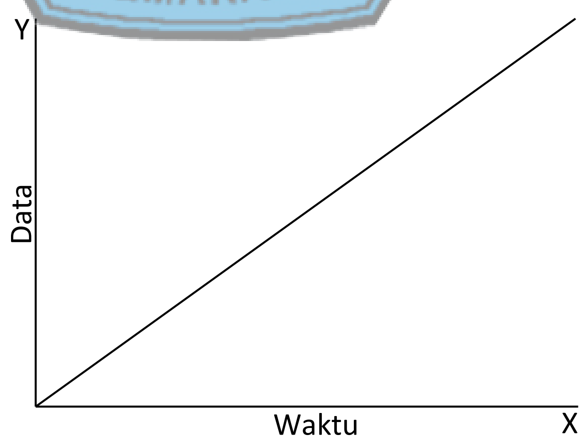
Pola data yang terjadi jika data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan. Ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pola Data Horizontal

2. Pola data *Trend* (T) atau *Trend Data Pattern*

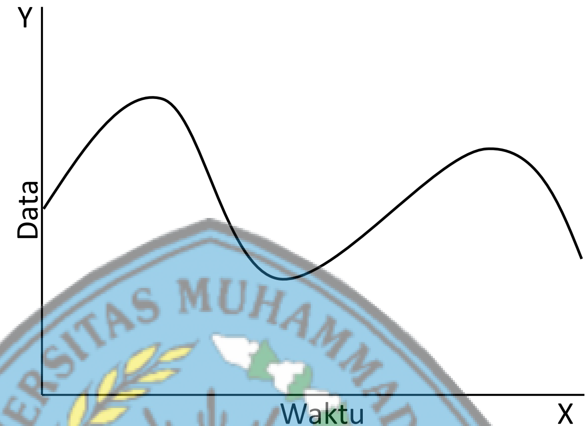
Pola data ini terjadi apabila data cenderung mengalami kenaikan atau penurunan dalam jangka waktu yang lama. Ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pola Data *Trend*

3. Pola Data Musiman (S) atau *Seasonal Data Pattern*

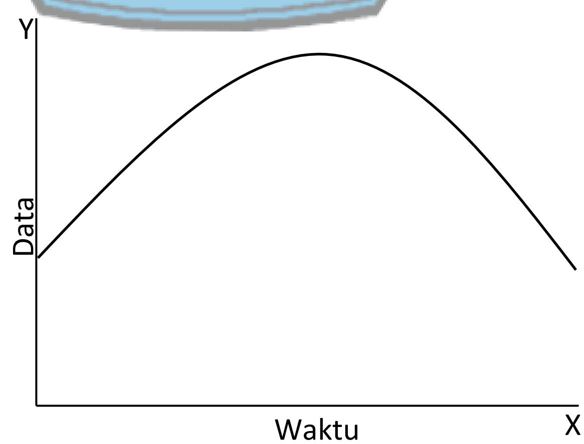
Pola data ini terjadi apabila data dipengaruhi oleh faktor musiman, misalnya dalam bentuk tahun. Ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pola Data Musiman

4. Pola Data Siklis (C) atau *Cyclied Data Pattern*

Pola data ini terjadi apabila data dipengaruhi oleh fluktuasi yang bervariasi dalam beberapa bulan hingga tahun. Ditunjukkan pada gambar 2.4.



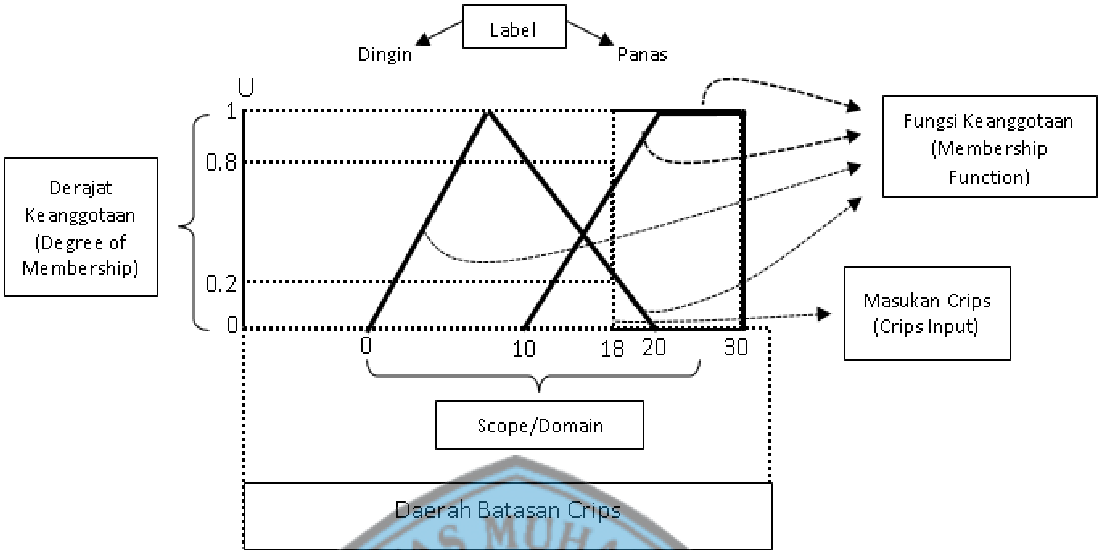
Gambar 2.4 Pola Data Siklis

2.4 Logika *Fuzzy*

Secara umum logika *fuzzy* adalah suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaannya antara 0 dan 1. Terdapat beberapa definisi terkait logika *fuzzy*, diantaranya sebagai berikut:

1. Logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti “sedikit”, ”lumayan” dan “sangat” (Zadeh, 1965).
2. Logika *fuzzy* adalah kalkulus kompabilitas, yang menggambarkan karakteristik properti yang nilainya terus berubah-ubah dengan mengaitkan partisi nilai-nilai dengan label semantik (Cox, 1994).
3. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*, mempunyai nilai kontinyu dan logika *fuzzy* dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran (Kusumadewi, 2002 dalam Aryanti, 2012).

Sistem *fuzzy* dapat dipahami dengan pengenalan konsep dasar yang berhubungan dengan logika *fuzzy* (Setiaji, 2009 dalam Makarti, 2018). Bentuk kerangka sistem *fuzzy* ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kerangka Sistem Fuzzy

Keterangan:

1. Derajat keanggotaan

   Derajat dimana nilai *crisp* cocok dengan fungsi keanggotaan dari 0 sampai dengan 1, juga sebagai tingkat keanggotaan dan nilai kebenaran atau masukan *fuzzy*.

2. Label

   Nama deskriptif yang mengidentifikasi suatu fungsi keanggotaan, seperti pada temperatur dingin dan panas pada gambar 2.5.

3. Fungsi keanggotaan

   Definisi dari himpunan *fuzzy* dengan memetakan masukan *crisp* dari domainnya ke derajat keanggotaan.

4. Masukan *crisp*

   Masukan yang tegas dan tertentu.

5. Lingkup

   Lingkup atau *domain* merupakan lebar daerah awal keanggotaan. Contoh terdapat nilai 0 sampai 30 pada domain temperatur pada gambar 2.5.

6. Daerah batasan

   Merupakan jangkauan seluruh nilai yang mungkin dapat diaplikasikan pada sistem variabel.

Terdapat beberapa alasan digunakannya logika *fuzzy*, antara lain (Kusumadewi dan Purnomo, 2004 dalam Aryanti, 2012):

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti, karena di dalam logika *fuzzy* terdapat konsep matematis sederhana yang mendasari penalaran *fuzzy*.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel (mampu beradaptasi) dengan perubahan dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
4. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat.
5. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi nonlinier yang sangat kompleks.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami (bahasa sehari-hari) sehingga mudah dimengerti.
8. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.

2.5 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Prof. Lotfi Zadeh yang didasarkan pada gagasan dalam memperluas jangkauan fungsi karakterstik sehingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan *real* pada interval. Pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1, yang berarti himpunan *fuzzy* dapat mewakili intepretasi tiap nilai berdasarkan pendapat atau keputusan dan probabilitasnya. Nilai 0 menunjukkan salah dan nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah, dengan kata lain nilai kebenaran suatu item tidak hanya benar dan salah (Zadeh, 1965). Himpunan *fuzzy* biasanya digunakan untuk mengantisipasi nilai-nilai yang bersifat tidak pasti (Anggriani, 2012). Pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaan suatu item dalam suatu himpunan dapat memiliki dua kemungkinan, yaitu satu (1), yang berarti bahwa suatu *item* menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau nol (0), yang berarti suatu *item* tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan (Kusumadewi, 2004 dalam Anggriani, 2012). Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut, yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti pada jarak yaitu dekat, sedang dan jauh.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 20, 25, 35 dan sebagainya.

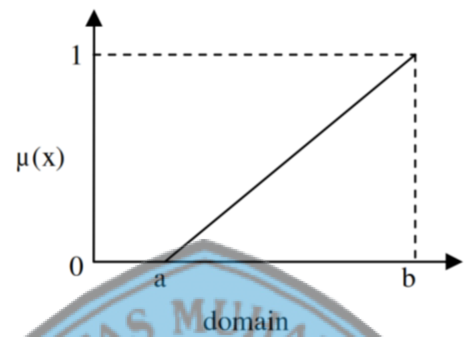
Terdapat istilah dalam himpunan *fuzzy* yang dikenal dengan istilah semesta pembicara. Semesta pembicara merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy* dan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik atau bertambah secara monoton dari kiri ke kanan.

2.6 Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*

Fungsi keanggotaan atau *membership function* adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam derajat keanggotaan yang memiliki *interval* antara 0 sampai 1 (Zimmermann, 1991 dalam Aryanti, 2012). Untuk mendapatkan derajat keanggotaan *fuzzy* digunakan pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi keanggotaan yang dapat digunakan, seperti fungsi linier naik, fungsi linier turun, fungsi segitiga, fungsi trapesium, fungsi-S, fungsi-Z dan fungsi π. Berikut merupakan representasi dari beberapa bentuk kurva sebagai berikut:

1. Representasi kurva linier

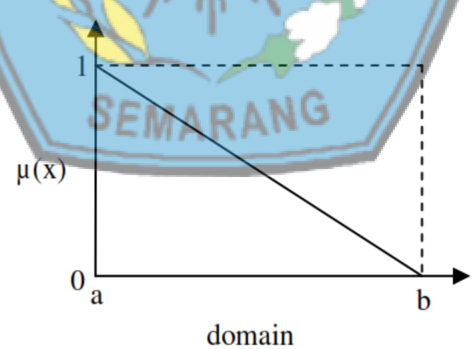
   Suatu fungsi derajat keanggotaan *fuzzy* disebut fungsi linier naik jika mempunyai 2 parameter, yaitu a, b$\in$ R dan kenaikan himpunan dimulai pada nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak menuju nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Sedangkan, suatu fungsi derajat keanggotaan *fuzzy* disebut fungsi linier turun jika mempunyai 2 parameter, yaitu a, b$\in$ R dan 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 dengan fungsi keanggotaan (Kusumadewi dan Purnomo, 2004 dalam Aryanti, 2012).



Gambar 2.6 Kurva Linier Naik

Fungsi keanggotaan untuk kurva linier naik:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & , jika\ x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & , jika\ a \leq x \leq b \\ 1 & , jika\ x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$



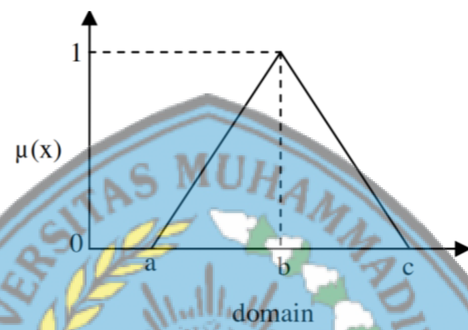
Gambar 2.7 Kurva Linier Turun

Fungsi keanggotaan untuk kurva linier turun:

$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)} & , jika\ a \leq x \leq b \\ 0 & , jika\ x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

2. Representasi kurva segitiga

Suatu fungsi derajat keanggotaan *fuzzy* disebut fungsi segitiga jika mempunyai tiga buah parameter, yaitu a, b, c∈ R yang menentukan koordinat x dari tiga sudut. Kurva ini pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (Kusumadewi dan Purnomo, 2004 dalam Aryanti, 2012).



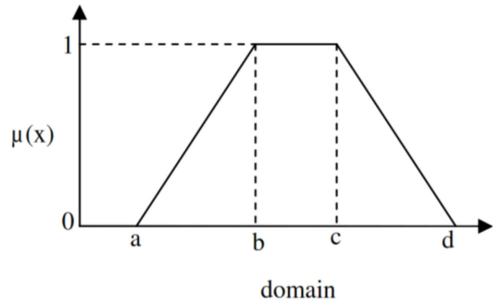
Gambar 2.8 Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan untuk kurva segitiga:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ,jika\ x < a\ atau\ x > c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ,jika\ a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(c-b)} & ,jika\ b < x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

3. Representasi kurva trapesium

Suatu fungsi derajat keanggotaan *fuzzy* disebut fungsi trapesium jika mempunyai 4 buah parameter (a, b, c, d∈ R). Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 (Kusumadewi dan Purnomo, 2004 dalam Aryanti, 2012).



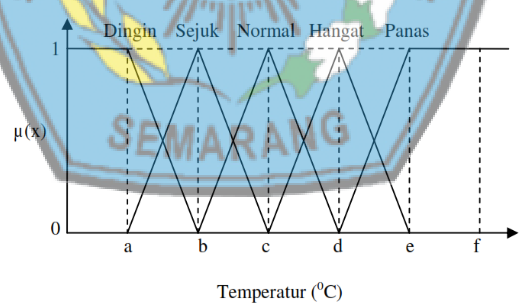
Gambar 2.9 Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan untuk kurva trapesium:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & , jika\ x < a\ atau\ x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & , jika\ a \leq x \leq b \\ 1 & , jika\ b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & , jika\ c < x < d \end{cases} \tag{2.4}$$

4. Representasi kurva bahu

Bentuk kurva bahu dalam (Kusumadewi, 2010 dalam Anwary, 2011):



Gambar 2.10 Kurva Bahu

Fungsi keanggotaan untuk kurva bahu:

1. Dingin

$$\mu[x] = \begin{cases} 1 & , jika\ x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(b-a)} & , jika\ a < x < b \\ 0 & , jika\ x \geq b \end{cases} \tag{2.5}$$

2. Sejuk

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & , jika\ x \leq a\ atau\ x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & , jika\ a < x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & , jika\ b < x < c \end{cases} \tag{2.6}$$

3. Normal

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & , jika\ x \leq b\ atau\ x \geq d \\ \frac{(x-b)}{(c-b)} & , jika\ b < x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & , jika\ c < x < d \end{cases} \tag{2.7}$$

4. Hangat

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & , jika\ x \leq 25\ atau\ x \geq e \\ \frac{(x-c)}{(d-c)} & , jika\ c < x \leq d \\ \frac{(e-x)}{(e-d)} & , jika\ d < x < e \end{cases} \tag{2.8}$$

5. Panas

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & , jika\ x \leq d \\ \frac{(x-d)}{(e-d)} & , jika\ d < x < e \\ 1 & , jika\ x \geq e \end{cases} \tag{2.9}$$

2.7 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses penentuan sebuah bilangan *input* masing-masing gugus *fuzzy* (Viot, 1993 dalam Prayogi, 2018). Pada tahap ini data masukan diterima dan sistem menentukan nilai fungsi keanggotaannya serta mengubah variabel numerik menjadi varabel linguistik atau variabel *fuzzy* (Jang *et al.*, 1997).

2.8 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses yang menggabungkan seluruh *fuzzy output* menjadi sebuah hasil spesifik yang dapat digunakan untuk masing-masing sistem *output* (Jang *et al*., 1997). Defuzzifikasi atau penegasan merupakan langkah terakhir dalam sistem logika *fuzzy*, dimana tujuan dari defuzzifikasi adalah untuk mengkonversikan setiap hasil dari *inference engine* yang diekspresikan dalam bentuk *fuzzy set* ke dalam suatu bilangan *real*. Hasil dari konversi tersebut adalah aksi yang diambil oleh kendali logika *fuzzy*. Oleh karena itu, pemilihan metode deffuzyfikasi yang sesuai juga turut memberikan pengaruh pada sistem kendali logika *fuzzy* dalam menghasilkan respon yang optimum (Sutikno, 2012 dalam Prayogi, 2018). Pemilihan fungsi penegasan ditentukan oleh beberapa kriteria (Wang, 1997):

1. Masuk akal (*plausibility*) artinya secara intuitif bilangan tegas Z dapat diterima sebagai bilangan yang mewakili himpunan *fuzzy* kesimpulan dari semua himpunan *fuzzy output* untuk setiap aturan.
2. Perhitungan sederhana (*computational simpelicity*) artinya diharapkan perhitungan untuk menentukan bilangan penegasan kesimpulan dari semua aturan adalah sederhana.
3. Kontinuitas (*continuity*) artinya perubahan sekecil apapun pada himpunan *fuzzy output* tidak mengakibatkan perubahan besar pada bilangan penegasan.

2.9 *Fuzzy Time Series*

Fuzzy Time Series (FTS) adalah metode peramalan yang berdasarkan prinsip-prinsip logika *fuzzy* pada data deret berkala. FTS pertama kali dikembangkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993. Sistem peramalan FTS digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang dengan cara menangkap pola dari data historis. Nilai-nilai yang digunakan dalam peramalan FTS adalah himpunan *fuzzy* dari bilangan-bilangan *real* atas himpunan semesta yang sudah ditentukan. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk menggantikan data historis yang akan diramalkan (Tauryawati & Irawan, 2014). Secara kasar himpunan *fuzzy* dapat diartikan sebagai suatu kelas bilangan dengan batasan samar. Jika *universe of discourse* (U) adalah himpunan semesta, $U = [u_1, u_2, \cdots, u_p]$, maka suatu himpunan *fuzzy* A_i dari U dengan derajat keanggotaan umumnya dinyatakan sebagai berikut (Sumartini *et al*., 2017):

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(\mu_1)}{\mu_1} + \cdots + \frac{\mu_{A_p}(\mu_p)}{\mu_p} \tag{2.10}$$

Dimana $\mu_{A_i}(\mu_i)$ adalah derajat keanggotaan dari μ_i ke Ai, dimana $\mu_{A_i}(\mu_i) \in [0.1]$dan $1 < i \leq p$. Definisi nilai derajat keanggotaan dari $\mu_{A_i}(\mu_i)$ sebagai berikut:

$$\mu_{A_i}(\mu_i) = \left\{ \begin{array}{c} 1 \;\; , jika \;\; i = j \\ 0.5 \, , jika \; i = j - 1 \; atau \; j + 1 \\ 0 \;\; , yang \; lainnya \end{array} \right\} \tag{2.11}$$

Hal ini dapat digambarkan dengan aturan sebagai berikut:

Aturan 1:

Jika data aktual X_t termasuk dalam μ_i, maka derajat keanggotaan untuk μ_i adalah 1 dan $\mu_i + 1$ adalah 0.5 jika bukan μ_i dan $\mu_i + 1$, berarti dinyatakan nol.

Aturan 2:

Jika data aktual X_t termasuk dalam μ_i, $1 \leq i \leq p$ maka derajat keanggotaan untuk μ_i adalah 1, untuk μ_{i-1} dan μ_{i+1} adalah 0.5 dan jika bukan μ_i, μ_{i-1} dan μ_{i+1} berarti dinyatakan nol.

Aturan 3:

Jika data aktual X_t termasuk dalam μ_i, maka derajat keanggotaan untuk $\mu_i$adalah 1, dan untuk $\mu_i - 1$ adalah 0.5 dan jika bukan ui dan ui−1 berarti dinyatakan nol (Boaisha dan Amaitik, 2010 dalam Sumartini *et al*., 2017).

Definisi FTS menurut Song dan Chissom adalah sebagai berikut (Song dan Chissom, 1993):

Definisi 1

Misalkan Y (t)($t = \cdots, 0, 1, 2, \cdots$) himpunan bagian dari R^1, menjadi semesta pembicara dimana himpunan *fuzzy* f_i (t)($i = 1, 2, \cdots$) didefinisikan dan F (t) adalah kumpulan dari f_i (t)($i = 1, 2, \cdots$). Kemudian F (t) disebut deret waktu *fuzzy* pada Y (t)($t = \cdots, 0, 1, 2, \cdots$). Misalkan I dan J adalah indeks himpunan F (t – 1) dan F (t) masing-masing. Untuk mudahnya, diperlukan definisi selanjutnya.

Definisi 2

Jika ada $f_i\,(t) \in F\,(t)$ dimana $j \in J$ ada $f_i\,(t-1) \in F\,(t-1)$ dimana $i \in I$ sehingga ada hubungan fuzzy $R_{ij}\,(t,\, t-1)$ dan $f_i\,(t) = f_i\,(t-1) \circ R_{ij}\,(t,\, t-1)$ dimana "$\circ$" adalah komposisi *max – min* kemudian $F\,(t)$ hanya disebabkan oleh $F\,(t-1)$.

$$fi\,(t-1) \rightarrow fi\,(t)\ atau\ ekuivalen\ dengan\ F\,(t-1) \rightarrow F\,(t) \quad (2.12)$$

Definisi 3

Jika ada $f_i\,(t) \in F\,(t)$ dimana $j \in J$ ada $f_i\,(t-1) \in F\,(t-1)$ dimana $i \in I$ dan sebuah hubungan *fuzzy* $R_{ij}\,(t,\, t-1)$ seperti $f_i\,(t) = f_i\,(t-1) \circ R_{ij}\,(t,\, t-1)$, misalkan $R_{ij}\,(t,\, t-1) = U_{ij}\, R_{ij}\,(t,\, t-1)$ dimana 'U' adalah operator gabungan. Kemudian $R_{ij}\,(t,\, t-1)$ disebut relasi *fuzzy* antara $F\,(t)$ dan $F\,(t-1)$ kemudian definisikan persamaan relasi *fuzzy* sebagai berikut:

$$F\,(t) = F\,(t-1)^{\circ} R\,(t, t-1) \quad (2.13)$$

Definisi 4

Andaikan $F\,(t)$ adalah deret waktu *fuzzy* $(t = \cdots, 0, 1, 2, \dots)$ and $t_1 \neq t_2$. Jika ada $f_i\,(t_1) \in F\,(t_1)$ ada sebuah $f_i\,(t_2) \in F\,(t_2)$ sehingga $f_i\,(t_1) \in f_i\,(t_2)$ dan sebaliknya. Maka dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$F(t_1) = F(t_2) \quad (2.14)$$

Definisi 5

Andaikan $R_1 = (t, t-1) = U_{ij} R_{ij}^1 (t-1)$ dan $R_2 = (t, t-1) = U_{ij} R_{ij}^2 (t-1)$ adalah dua relasi *fuzzy* antara $F(\mathrm{t}_1)$ dan $F(t-1)$. Jika ada $f_i\,(t) \in F\,(t)$ dimana $j \in J$ ada sebuah $f_i\,(t-1) \in F\,(t-1)$ dimana $i \in I$ dan relasi *fuzzy* $R_{ij}^1(t-1)$ dan $R_{ij}^2(t-$

1) sehingga f_i (t)= f_i $(t - 1)°R^1_{ij}(t-1)$ dan f_i (t)= f_i $(t - 1)°R^2_{ij}(t-1)$. Maka didefinisikan sebagai berikut:

$$R_1(t, t-1) = R_2(t, t-1) \tag{2.15}$$

Definisi 6

Jika ada f_i (t) $\in F$ (t), ada sebuah integer $m > 0$ dan sebuah relasi *fuzzy* $R^{\mathrm{p}}_a(t, t-1)$ sehingga $f_i(t) = (f_{i_1}(t-1)xf_{i_2}(t-2)x \ldots xf_{i_m}(t-m)°R^{\mathrm{p}}_a(t, t-m)$. Dimana ‘x’ adalah hasil kali kartesian (sistem koordinat), $j \in J$ dan $i_k \in I_k$ adalah himpunan indeks untuk $F(t-1)(k = 1, \ldots, m)$, maka $F(t)$ dikatakan disebabkan oleh $F(t-1), F(t-2), \ldots, F(t-m)$. Definisikan $R(t, t-m) = U\ _{\mathrm{p}}R^{\mathrm{p}}_a(t, t\ m)$ sebagai relasi *fuzzy* antara $F(t), F(t-1), F(t-2), \ldots, F(t-m)$. Dinotasikan sebagai berikut $f_{i_1}(t-1) \cap f_{i_2}(t-2) \cap \ldots \cap f_{i_m}(t-m) \rightarrow f_j(t)$ atau ekuivalen dengan $F(t-1) \cap F(t-2) \cap \ldots \cap F(t-m) \rightarrow F(t)$ dimana $\cap$ adalah operator irisan dan persamaan relasi *fuzzy* sebagai berikut:

$$F(t) = (F(t-1)xF(t-2)xF(t-3)x\ F(t-m)°R(t, t-m) \tag{2.16}$$

Definisi 7

Pada definisi 6, dengan kondisi yang sama, jika hubungan *fuzzy* $R^{\mathrm{p}}_o(t, t-m)$ seperti $f_i(t) = \left(f_{i_1}(t-1) \cup f_{i_2}(t-1) \cup \cdots \cup f_{i_m}(t-1)\right)°R^{\mathrm{p}}_o(t, t-m)$, kemudian $F(t)$ dikatakan disebabkan oleh keduanya $F(t-1)$ atau $F(t-2)$ atau…atau $F(t-m)$. Menyatakan relasi ini sebagai $f_{i_1}(t-1) \cup f_{i_2}(t-2) \cup \cdots \cup f_{i_m}(t-m) \rightarrow f_i(t)$

atau ekuivalen dengan $F(t-1) \cup F(t-2) \cup F(t-3) \cup \cdots \cup F(t-m) \rightarrow F(t)$ Dan dengan persamaan hubungan *fuzzy* sebagai berikut:

$$F(t) = F(t-1) \cup F(t-2) \cup \cdots \cup F(t-m) ° R_o(t, t-m) \qquad (2.17)$$

Dimana $R_o(t, t-m) = \bigcup_{p} R_o^{p}(t, t-m)$ dan $R_o(t, t-m)$ didefinisikan sebagai hubungan *fuzzy* antara $F(t)$ dan $F(t-1)$ atau $F(t-2)$ atau … atau $F(t-m)$. Dengan definisi diatas, dapat didefinisikan konsep urutan model dan klasifikasi dua deret waktu *fuzzy* yang berbeda.

Definisi 8

Apabila $F(t)$ disebabkan hanya oleh $F(t-1)$ atau oleh $F(t-2)$ atau…atau $F(t-m)(m > 0)$. Hubungan ini dapat dinyatakan sebagai persamaan relasional *fuzzy* $F(t) = F(t-1) ° R_o(t-1)$ atau digambarkan sebagai berikut:

$$F(t) = F(t-1) \cup F(t-2) \cup \cdots \cup F(t-m) ° R_o(t, t-m) \qquad (2.18)$$

Definisi 9

Apabila $F(t)$ disebabkan oleh $F(t-1), F(t-2), \ldots$, dan $F(t-m)(m > 0)$ secara serentak. Hubungan ini dinyatakan sebagai persamaan relasional *fuzzy* berikut:

$$F(t) = F(t-1) \times F(t-2) \times \cdots \times F(t-m) ° R_o(t, t-m) \qquad (2.19)$$

Maka persamaan (9) disebut model *m-th-order* dari $F(t)$.

Definisi 10

Jika pada persamaan (7) atau (8) atau (9), relasi *fuzzy* $R(t, t-1)$ atau $R_a(t, t-m)$ atau $R_o(t, t-m)$ dari $F(t)$ tidak tergantung waktu t, dan untuk waktu yang berbeda t_1 dan t_2, $R(t_1, t_1 - 1) = R(t_2, t_2 - 1)$, atau $R_a(t_1, t_1 - m) =$

$R_a(t_2, t_2 - m)$, atau $R_o(t_1, t_1 - m) = R_o(t_2, t_2 - m)$, kemudian $F(t)$ disebut *time-invariant fuzzy time series* selain itu disebut juga sebagai *time-variant fuzzy time series*. Dalam kasus *time-invariant fuzzy time series*, terdapat persamaan dimana:

$$R(t, t-1) = R \tag{2.20}$$

$$R_a(t, t-m) = R_a(m) \tag{2.21}$$

$$R_o(t, t-m) = R_o(m) \tag{2.22}$$

Perlu dicatat bahwa umumnya pada waktu *yang* berbeda t_1 dan t_2, $R(t_1, t_1 - 1) \neq R(t_2, t_2 - 1)$, $R_a(t_1, t_1 - m) \neq R_a(t_2, t_2 - m)$ dan $R_o(t_1, t_1 - m) = R_o(t_2, t_2 - m)$, ada dua alasan untuk ini: pertama, semesta pembicara dimana *fuzzy sets* didefinisikan mungkin berbeda pada waktu yang berbeda; kedua, nilai – nilai *F*(*t*) pada waktu yang berbeda mungkin berbeda. Oleh karena itu, klasifikasi deret waktu *fuzzy* bermakna (Song dan Chissom, 1993).

2.10 Model Chen

Pada mulanya terdapat Metode Song and Chrissom yang memiliki perhitungan rumit dimana perhitungannya menggunakan operasi matriks yang kompleks walaupun pada hasil defuzzifikasinya sama. Sehingga Shyi-Ming Chen (1996) mengembangkan metode yang lebih sederhana dari pada metode sebelumnya, dimana pada tahap pembentukan relasi fuzzy dengan persamaan $R_i = A_s^T \times A_q$ untuk setiap k relasi $A_s \rightarrow A_q$, $R = U_{i=1}^{k} R_i$ dimana × adalah operator minimum tidak dipergunakan melainkan dengan menggunakan operasi aritmatika yang disederhanakan dengan tahapan sebagai berikut (Makarti, 2018):

1. Definisikan semesta U dengan data historis, yaitu :

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \tag{2.23}$$

Dimana D_{min} adalah data terkecil, D_{max} adalah data terbesar D_1dan D_2 adalah bilangan positif sembarang yang ditentukan oleh peneliti, kemudian membagi semesta U kedalam beberapa interval dengan panjang yang sama $u_1, u_2, \dots u_n$.

2. Definisikan himpunan *fuzzy* A_i pada data historis yang diamati. Misal $A_1, A_2, \dots, A_k$ adalah himpunan *fuzzy* yang mempunyai nilai linguistik dari suatu variabel linguistik, maka cara mendefinisikan himpunan *fuzzy* $A_1, A_2, \dots , A_k$ pada semesta pembicaraan U adalah:

$$\begin{gathered} A_1 = a_{11}/u_1 + a_{12}/u_2 + \cdots + a_{1m}/u_m \\ A_2 = a_{21}/u_1 + a_{22}/u_2 + \cdots + a_{2m}/u_m \\ \vdots \\ A_k = a_{k1}/u_1 + a_{k2}/u_2 + \cdots + a_{km}/u_m \end{gathered} \tag{2.24}$$

Dimana $a_{ij} \in [0,1]$, $1 \leq i \leq k$ dan $1 \leq j \leq m$, nilai a_{ij} menunjukan derajat keanggotaan dari u_i dalam himpunan *fuzzy* A_i penentuan derajat untuk masing-masing $A_i (i = 1,2, \dots, m)$ yaitu jika keanggotaan maksimum dari suatu data didalam A_k maka nilai fuzzifikasinya dikatakan sebagai A_k. Karena untuk mendapatkan nilai keanggotaan dalam metode ini menggunakan pendekatan fungsi keanggotaan segitiga maka diperoleh himpunan *fuzzy* sebagai berikut:

$$
\begin{aligned}
A_1 &= 1/u_1 + 0.5/u_2 + \cdots + \ 0/u_m \\
A_2 &= 0.5/u_1 + 1/u_2 + \cdots + \ 0.5/u_m \\
&\vdots \\
A_k &= 0/u_1 + \cdots + 0.5/u_{m-1} + \ 0/u_m
\end{aligned} \tag{2.25}
$$

3. Fuzzifikasi data historis.
4. Membentuk *fuzzy logical relationship* (FLR) berdasarkan data historis kemudian tetapkan *fuzzy logical relationship group* (FLRG).
5. Defuzzifikasi hasil peramalan dengan aturan sebagai berikut: Misalkan $F(t)$ adalah data yang akan diramalkan dimana $F(t-1) = A_i$, maka:

Aturan 1

Jika hanya terdapat satu relasi grup *fuzzy* A_i yaitu $A_i \rightarrow \ A_s$, maka $F(t) = A_s$ dimana defuzifikasinya adalah nilai tengah dari interval dimana memiliki nilai keanggotaan maksimum pada A_s.

Aturan 2

Jika A_i tidak memiliki relasi maka defuzifikasi $F(t)$ diperoleh dari nilai tengah interval yang memiliki nilai keanggotaan maksimum pada A_i

Aturan 3

Jika terdapat lebih dari satu relasi grup *fuzzy* A_i maka $A_i \rightarrow A_{k1}, A_{k2}, \dots, A_{ki}$ defuzifikasi $F(t)$ diperoleh dari rata-rata nilai tengah dari masing - masing interval yang memiliki nilai keanggotaan maksimum pada masing-masing $A_{k1}, A_{k2}, \dots, A_{ki}$.

2.11 Model Singh

Singh mengusulkan metode komputasi sederhana untuk peramalan *fuzzy time series* dengan menggunakan algoritma sederhana dan memiliki kompleksitas urutan linier. Metode ini meminimalkan kerumitan dalam perhitungan matriks relasional *fuzzy* dan mencari proses defuzzisifikasi yang sesuai dan diharapkan mampu menyediakan nilai perkiraan akurasi yang lebih baik. Berikut definisi dari metode *fuzzy time series* menurut Singh:

Definisi 1

Sebuah *fuzzy set* adalah sebuah kelas atau golongan dari objek dengan rangkaian kesatuan (*continum*) dari derajat keanggotaan (*grade of membership*). Misalkan U adalah himpunan semesta dengan $U = (u_1, u_2, \dots, u_{n)}$ dengan u_n adalah nilai anggota dari U, kemudian variabel linguistik A_i terhadap U dan dapat dirumuskan dengan persamaan sebagi berikut:

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(\mu_1)}{\mu_1} + \frac{\mu_{A_i}(\mu_2)}{\mu_2} + \frac{\mu_{A_i}(\mu_3)}{\mu_3} + \cdots + \frac{\mu_{A_i}(\mu_n)}{\mu_n} \quad (2.26)$$

Dengan μ_{A_i} sebagai *membership function* (fungsi keanggotaan) dari *fuzzy set* A_i sedemikian hingga $\mu_{A_i}: U \to [0,1]$. Jika u_i adalah keanggotaan dari A_i maka $\mu_{A_i}(u_i)$ adalah derajat keanggotaan u_i terhadap A_i.

Definisi 2

Misalkan $Y(t)$ dimana $(t = 0,1,2,3, \dots)$ adalah *subset* dari *relation* (R) yang merupakan himpunan semesta dari *fuzzy set* $f_i(t), (t = 1,2,3, \dots)$ dirumuskan dan

$F(t)$ adalah kumpulan dari f_i, maka $F(t)$ dirumuskan sebagai *fuzzy time series* pada $Y(t)$.

Definisi 3

Andaikan $F(t)$ disebabkan hanya oleh $F(t-1) \rightarrow F(t)$, maka ada hubungan *fuzzy* antara $F(t)$ dan $F(t-1)$ dan dapat dinyatakan dalam persamaan *fuzzy relation* yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$F(t) - F(t-1)\ o\ R(t, t-1) \tag{2.27}$$

Tanda "o" adalah operator komposisi *max - min*. Relasi (R) disebut sebagai model orde pertama dari $F(t)$. Jika fuzzy relation $R(t, t-1)$ dari $F(t)$ adalah tidak tergantung waktu (t), dapat dikatakan untuk perbedaan waktu t_1 dan t_2, $\mathrm{R}(t_1, t_2 - 1) = R(t_2, t_2 - 1)$, maka $F(t)$ disebut *time-invariant fuzzy time series*.

Definisi 4

Jika $F(t)$ disebabkan oleh lebih kecil dari beberapa *fuzzy sets* $F(t-n), F(t-n+1), \cdots F(t)$, maka fuzzy relationship-nya diwakili oleh:

$$A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in} \rightarrow A_{ij} \tag{2.28}$$

Dengan $F(t-n) = A_{i1}, F(t-n+1) = A_{i2}, \dots F(t-1) = A_{in}$, hubungan ini disebut *nth-order fuzzy time series model*.

Definisi 5

Misalkan $F(t)$ disebabkan oleh sebuah $F(t-1)$, $F(t-2)$ dan $F(t-m)$ dimana $(m > 0)$ secara simultan dan hubungannya adalah time variant. $F(t)$

dikatakan *time-variant fuzzy time series* dan hubungan ini dapat dinyatakan sebagai persamaan *fuzzy relation* yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$F(t) - F(t-1)\ o\ R^{w}(t, t-1) \tag{2.29}$$

Dimana $w - 1$ adalah parameter waktu yang mempengaruhi peramalan $f(t)$. Berbagai metode-metode komputasi sulit telah tersedia untuk komputasi berhubungan terhadap $R^{w}(t, t-1)$.

Algoritma Komputasi

Berikut penerapan algoritma komputasi yang diusulkan oleh Singh:

1. Menentukan semesta pembicara U, berdasarkan pada rentang yang tersedia dengan aturan sebagai berikut:

   $$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \tag{2.30}$$

   Dimana D_1 dan D_2 adalah dua angka positif yang tepat.

2. Membagi semesta pembicara kedalam beberapa interval dengan panjang yang sama: $u_1, u_2, \ldots u_m$. Jumlah interval akan sesuai dengan jumlah variabel linguistik (*fuzzy set*) $A_1, A_2, \ldots, A_i$ sebagai pertimbangan.
3. Membangun *fuzzy set* A_i sesuai dengan interval pada langkah ke 2 dan menerapkan aturan keanggotaan segitiga untuk setiap interval pada masing – masing *fuzzy set* yang telah dibangun.
4. Fuzzifikasikan data historis kemudian tetapkan hubungan logika *fuzzy* dengan mengikuti aturan: Jika A_j adalah produksi *fuzzy* pada tahun ke *n* dan A_j adalah

produksi *fuzzy* tahun ke $n + 1$, hubungan logika *fuzzy* dilambangkan $A_i \rightarrow A_j$. Dimana A_i disebut kondisi saat ini dan A_j adalah kondisi selanjutnya.

5. Aturan untuk peramalan, Singh mengguanakan beberapa notasi dengan definisi sebagai berikut:

   $[^*A_j]$ adalah interval yang sesuai u_j untuk keanggotaan dimana A_j adalah final.

   $L\ [^*A_j]$ adalah panjang interval u_j yang keanggotaannya dalam A_j adalah final.

   $M\ [^*A_j]$ adalah nilai tengah dari u_j memiliki nilai *supremum* dalam A_j.

   Untuk hubungan logika fuzzy $A_i \rightarrow A_j$ dengan gambaran sebagai berikut:

   A_i adalah fuzzifikasi penerimaan pada tahun n;

   A_j adalah fuzzifikasi penerimaan pada tahun $n+1$;

   E_i adalah penerimaan nyata pada tahun n;

   E_{i-1} adalah penerimaan nyata pada tahun n-1;

   E_{i-2} adalah penerimaan nyata pada tahun n-2;

   E_{i-3} adalah penerimaan nyata pada tahun n-3;

   F_j adalah hasil ramalan penerimaan *crisp* pada tahun $n+1$

   Misalkan data histori dimualai dari tahun n=1971 maka diterapkan aturan 1 untuk peramalan. Berikut aturan peramalan menurut Singh:

   Aturan 1

   Penerimaan peramalan untuk tahun $n + 1$ diperoleh hubungan logika *fuzzy* $A_i \rightarrow A_j$ sebagai berikut:

$If\ E_i < M\ [^*A_i],\ then\ F_j = M\ [^*A_j] – ¼\ L\ [^*A_j],$

$Else\ if\ E_i > M\ [^*A_i],\ then\ F_j = M\ [^*A_j] + ¼\ L\ [^*A_j],$

$Else\ F_j = M\ [^*A_j].$

Model Perintah 2

Model perintah ini menggunakan data historis tahun *n*-1 dan *n* untuk menyusun aturan yang diterapkan pada hubungan logika *fuzzy*, $A_i \rightarrow A_j$, dimana A_i adalah penerimaan fuzzifikasi dari tahun *n* dan A_{i+1} produksi fuzzifikasi dari tahun *n*+1. Aturan yang diusulkan untuk peramalan disebutkan pada aturan 2.

Aturan 2

Penerimaan peramalan untuk tahun $n + 1$ (yaitu 1973) dan selanjutnya. Diperoleh hubungan logika *fuzzy* $A_i \rightarrow A_j$ sebagai berikut:

$If\ |E_i - E_{i-1}| < L\ [^*A_j],\ then\ F_j = M\ [^*A_j] – ¼\ L\ [^*A_j],$

$Else\ if\ |E_i - E_{i-1}| > L\ [^*A_j],\ then\ F_j = M\ [^*A_j] + ¼\ L\ [^*A_j],$

$Else\ F_j = M\ [^*A_j].$

Model Perintah 3

Model perintah ini menggunakan data historis tahun *n*-2, *n*-1 dan *n* untuk menyusun aturan yang ditetapkan pada hubungan logika *fuzzy*, $A_i \rightarrow A_j$, dimana A_i adalah penerimaan fuzzifikasi dari tahun *n* dan A_{i+1} produks fuzzifikasi dari tahun *n*+1. Aturan yang diusulkan untuk peramalan disebutkan pada aturan 3.

Aturan 3

Penerimaan peramalan untuk tahun n+1 (yaitu 1974) dan selanjutnya. Diperoleh hubungan logika *fuzzy* $A_i \rightarrow A_j$.

$D_i = \|(E_i - E_{i-1})| - |(E_{i-1} - E_{i-2})\|$;

$X_i = E_i + D_i$;

$XX_i = E_i - D_i$;

$Y_i = E_i + D_i/2$;

$YY_i = E_i - D_i/2$;

If Y_i atau YY_i bagian dari $[{}^*A_j]$, kemudian $F_j = M\,[{}^*A_j] - \frac{1}{4}\,L\,[{}^*A_j]$;

Else if X_i atau XX_i bagian dari $[{}^*A_j]$, kemudian $F_j = M\,[{}^*A_j] + \frac{1}{4}\,L\,[{}^*A_j]$;

Else $F_j = M\,[{}^*A_j]$.

Model Perintah 4

Model perintah ini menggunakan data historis tahun n-3, n-2, n-1 dan n untuk menyusun aturan yang ditetapkan pada hubungan logika *fuzzy*, $A_i \rightarrow A_j$, dimana A_i adalah penerimaan fuzzifikasi dari tahun n dan A_{i+1} produksi fuzzifikasi dari tahun n+1. Aturan yang diusulkan untuk peramalan disebutkan pada aturan 4.

Aturan 4

Penerimaan peramalan untuk tahun $n+1$ (yaitu 1975) dan selanjutnya. Diperoleh hubungan logika *fuzzy* $A_i \rightarrow A_j$ sebagai berikut:

$D_i = \|(E_i - E_{i-1})| - |(E_{i-1} - E_{i-2})\|$;

$D_iD_i = ||(E_{i-1} - E_{i-2})| - |(E_{i-2} - E_{i-3})||$;

$T_i = |D_i - DD_i|$;

$S_i = E_i + T_i$;

$SS_i = E_i - T_i$;

$W_i = E_i + T_i/2$;

$WW_i = E_i - T_i/2$;

If W_i atau WW_i bagian dari $[{}^*A_j]$, kemudian $F_j = M\,[{}^*A_j] - \frac{1}{4}\,L\,[{}^*A_j]$;

Else if S_i atau SS_i bagian dari $[{}^*A_j]$, kemudian $F_j = M\,[{}^*A_j] + \frac{1}{4}\,L\,[{}^*A_j]$;

Else $F_j = M\,[{}^*A_j]$.

2.12 Interval Basis Rata-Rata

Panjang interval mempengaruhi formulasi hubungan *fuzzy*, dan hubungan *fuzzy* mempengaruhi hasil perkiraan (Huarng, 2001). Penentuan panjang interval yang efektif perlu memperhatikan poin kunci yaitu tidak boleh terlalu besar atau kecil dan harus mencerminkan setengah dari fluktuasi dalam deret waktu (Huarng, 2001). Oleh karena itu, digunakanlah metode interval berbasis rata-rata (average-based lengths) dengan algoritma sebagai berikut (Xihao dan Yimin, 2008):

1. Menghitung semua perbedaan *absolute* di antara X_{t+1} dan $X_t (t = 1, \ldots, n - 1)$, sebagai perbedaan pertama dan rata-rata perbedaan pertama. Sehingga diperoleh rata-rata nilai selisih absolut sebagai berikut :

$$mean = \frac{\sum_{i=1}^{n} |X_{t+1} - X_t|}{n} \qquad (2.31)$$

Keterangan:

$mean$ = rata-rata nilai selisih absolut

n = jumlah data

X_t = data pada periode waktu ke-t

2. Menentukan setengah dari rata-rata yang diperoleh dari langkah 1 yang kemudian dijadikan sebagai panjang interval (l) dengan persamaan:

$$l = \frac{mean}{2} \tag{2.32}$$

3. Berdasarkan panjang interval yang diperoleh langkah 2 maka ditentukan basis dari panjang interval sesuai dengan tabulasi basis.

Tabel 2.1. Tabel Interval Basis Rata-Rata

Jangkauan	Basis
0.1 – 1.0	0.1
1.1 – 10	1
11 – 100	10
101 – 1000	100
1001 – 10000	1000
10001 – 100000	10000

4. Panjang interval kemudian dibulatkan sesuai dengan tabel basis interval.
5. Menetukan jumlah kelas (ρ)dihitung dengan persamaan :

$$\rho = \frac{(D_{max}+D_2-D_{min}-D_1)}{l} \tag{2.33}$$

2.13 Akurasi Metode Peramalan

Ukuran ketepatan peramalan dipandang sebagai kriteria penolakan untuk memilih suatu metode peramalan sehingga dapat digunakan untuk menentukan metode yang lebih baik dalam membandingkan beberapa metode (Makridakis *et al*., 1999 dalam Tauryawati dan Irawan, 2014). Akurasi peramalan dikatakan baik apabila hasil peramalan sesuai dengan kanyataan. Akurasi peramalan dapat dilihat dari tingkat kesalahan dalam peramalan (*error*), dimana semakin kecil *error* yang dihasilkan maka semakin akurat peramalan yang dilakukan. Terdapat kriteria untuk menguji ketepatan peramalan diantaranya adalah sebagai berikut (Makridakis *et al*., 1999 dalam Tauryawati dan Irawan, 2014):

1. Nilai Tengah Galat Absolut (*Mean Absolute Error*)

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n} |e_i|}{n} \tag{2.34}$$

2. Nilai Tengah Galat Kuadrat (*Mean Squared Error*)

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n} e_i^2}{n} \tag{2.35}$$

3. Persentase Galat (Percentage Error)

$$PE_i = \left(\frac{X_i - F_i}{X_i}\right)(100)\% \tag{2.36}$$

4. Nilai Tengah Galat Persentase (Mean Percentage Error)

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} PE_i}{n} \tag{2.37}$$

5. Nilai Tengah Galat Persentase Absolut (Mean Absolute Percentage Error)

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} |PE_i|}{n} \tag{2.38}$$

Keterangan:

n = Banyak pengamatan

Xi = Data aktual pada periode ke-i

Fi = Nilai prediksi pada periode ke-i

e_i = Galat

Suatu model dikatakan mempunyai kinerja sangat bagus jika nilai MAPE berada di bawah 10% dan mempunyai kinerja bagus jika nilai MAPE berada diantara 10% dan 20% (Makarti, 2018). Ketepatan hasil peramalan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Ketepatan\ Peramalan = 100\% - MAPE \tag{2.39}$$

2.14 Ekspor

Ekspor mencerminkan aktivitas perdagangan antar bangsa yang dapat memberikan dorongan dalam dinamika pertumbuhan perdagangan internasional, sehingga suatu negara-negara yang sedang berkembang memiliki kemungkinan untuk mencapai kemajuan perekonomian (Todaro, 2002 dalam Benny, 2013). Ekspor adalah pembelian negara lain atas barang buatan perusahaan-perusahaan di dalam negri. Faktor penting yang menentukan ekspor adalah kemampuan dari negara tersebut untuk mengeluarkan barang-barang yang dapat bersaing dalam pasaran luar negri (Sukirno, 2008 dalam Benny, 2013).

2.15 Pertumbuhan Ekonomi

Pertumbuhan ekonomi sangat penting artinya bagi peningkatan kesejahteraan masyarakat suatu negara. Peningkatan pertumbuhan ekonomi menjadi salah satu tolak ukur (indikator) peningkatan pendapatan negara sehingga mampu mencerminkan tingkat kesejahteraan suatu negara. Pertumbuhan ekonomi dapat didefinisikan sebagai perkembangan kegiatan dalam perekonomian yang menyebabkan barang dan jasa yang akan diproduksi oleh masyarakat mengalami peningkatan (Sukirno, 2009 dalam Pridayanti, 2014). Perekonomian dapat dikatakan tumbuh jika balas rill atas faktor-faktor produksinya pada tahun tertentu lebih besar dari tahun tahun sebelumnya. Pertumbuhan ekonomi tercermin dari pertumbuhan produk domestik bruto yang dihasilkan suatu negara (Sukirno, 2010 dalam Sedyaningrum *et al*, 2016).

2.16 Hubungan Antara Ekspor dan Pertumbuhan Ekonomi

Keterkaitan antara sektor ekspor dengan pertumbuhan ekonomi sering menjadi topik pembahasan ketika para ahli ekonomi mencoba untuk menjelaskan tingkat perbedaan pertumbuhan ekonomi di berbagai negara, bahkan ekspor dianggap sebagai salah satu faktor kunci bagi pertumbuhan ekonomi (Mehrara dan Bagher, 2011). Literatur perdagangan internasional yang menyatakan bahwa ekspor memiliki dampak positif terhadap pertumbuhan ekonomi, dikenal sebagai *export-led-growth* (Giles dan Williams, 2000 dalam Amri dan Almon, 2017). Menurut Shibab *et al.*,(2014) yang mengemukakan bahwa ekspor barang dan jasa merepresentasikan salah satu sumber paling penting dari *foreign exchange income* (pendapatan valuta asing) yang memberikan penekanan pada keseimbangan pembayaran dan menciptakan kesempatan kerja. Bukti empiris yang menyatakan adanya hubungan antara ekspor dengan pertumbuhan ekonomi, seperti yang dikemukakan oleh Kalaitzi (2017) bahwa terdapat hubungan jangka panjang antara variabel ekspor primer dan ekspor manufaktur dimana, ekspor manufaktur berkontribusi lebih pada pertumbuhan ekonomi daripada ekspor primer.