BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1 Peramalan

Peramalan berasal dari kata ramalan yang artinya adalah suatu situasi atau kondisi yang diperkirakan akan terjadi pada masa yang akan datang. Sedangkan peramalan adalah bentuk kegiatannya. Peramalan adalah memperkirakan keadaan dimasa yang akan datang melalui pengujian keadaan dimasa lalu. Dalam kehidupan sosial segala sesuatu itu serba tidak pasti, sukar diperkirakan secara tepat. Dalam hal ini diperlukan peramalan. Peramalan yang dibuat selalu diupayakan agar dapat meminimumkan pengaruh ketidakpastian ini terhadap sebuah masalah. Dengan kata lain peramalan bertujuan mendapatkan peramalan yang bisa meminimumkan kesalahan meramal (*forecast error*) yang biasanya diukur dengan *mean square error*, *mean absolute error*, dan sebagainya (Makridarkis *et all*,1999).

2. 2 Metode Runtun Waktu

Runtun waktu adalah suatu deret observasi yang berurut dalam waktu. Analisis data runtun waktu digunakan untuk melakukan analisis data yang mempertimbangkan pengaruh waktu. Dasar pemikiran runtun waktu adalah pengamatan sekarang (Z_t) tergantung pada satu atau beberapa pengamatan sebelumnya (Z_{t-k}), k=1,2,…,q. Dengan kata lain, model runtun waktu dibuat karena secara statistik ada korelasi (dependen) antar deret pegamatan (Makridarkis *et all*, 1999).

Analisis runtun waktu adalah salah satu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan struktur probabilistik keadaan yang akan terjadi di masa yang akan datang dalam rangka pengambilan keputusan. Data runtun waktu merupakan serangkaian data pengamatan yang terjadi berdasarkan indeks waktu secara berurutan dengan interval waktu tetap. Peramalan merupakan teknik untuk memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data di masa lalu maupun data masa ini (Aswi & Sukarna, 2006).

2. 3 Stasioneritas

Menurut Makridakis (1999), stasioneritas berarti tidak terdapat perubahan yang drastis pada data. Fluktuasi data berada disekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktu dan variansi dari fluktuasi tersebut. Stasioneritas dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Kestasioneran terhadap rata-rata

   Suatu proses stasioner dalam rata-rata jika $E(Z_t) = \mu_t = \mu$ adalah konstan untuk setiap *t*. Pemeriksaan kestasioneran ini menggunakan uji *unit root* yang bertujuan untuk mengetahui apakah data tersebut mengandung *unit root* atau tidak. Variabel yang datanya mengandung *unit root*, maka data tersebut dikatakan data yang tidak stasioner. Salah satu uji *unit root* yang biasa digunakan adalah *Augmented Dickey Fuller* (ADF-*test*)

2. Kestasioneran terhadap varian

   Suatu proses stasioner pada varinas jika $Var(Z_t) = E(Z_t - \mu)^2 = \sigma^2$ adalah konstan untuk setiap *t*. Salah satu uji yang biasa digunakan adalah *Box-Cox*.

2. 4 Wavelet

2. 4. 1. Pengertian Wavelet

Wavelet mulai berkembang sejak awal abad 20 namun perkembangan secara berarti dicapai pada tahun 80-an. Pada *paper* Frazier dan Jawerth tahun 1985, *Wavelet* juga popular di sebuah "*French School*" di Perancis yang diketahui oleh J. Morlet, A. Grossmann dan Y. Meyer. *Wavelet* atau dalam bahasa Prancis disebut *ondelett* yang berarti gelombang kecil, digunakan oleh seorang *geophysicist* sebagai sarana untuk mengolah sinyal seismic (Sianipar & Sri,2003).

Wavelet merupakan basis baru yang dapat digunakan untuk merepresentasikan fungsi dengan pertimbangan teknik untuk analisis waktu terhadap frekuensi (Chui, 1992). Menurut Warsito *et all* (2013), *Wavelet* merupakan fungsi basis yang dapat digunakan dalam merepresentasikan data atau fungsi-fungsi yang lain. Beberapa contoh keluarga *Wavelet* adalah *Haar*, *Daubechies*, *Symlets*, *Coiflets*, *BiorSplines*, *ReverseBior*, *Meyer*, *DMeyer*, *Gaussian*, *Mexican hat*, *Morlet*, *Complex*, *Shannon*, *Frequency B-Spline*, *Complex*, *Morlet*, dan *Riyad*.

2. 4. 2. Fungsi Wavelet

Fungsi wavelet adalah suatu fungsi matematika yang mempunyai sifat-sifat tertentu diantaranya berosilasi di sekitar nol (seperti fungsi sinus dan cosinus) dan terlokalisasi dalam domain waktu, artinya pada saat nilai domain relatif besar, fungsi wavelet berharga nol. Wavelet merupakan fungsi basis yang dapat digunakan dalam merepresentasikan data atau fungsi- fungsi yang lain. Fungsi Wavelet mempunyai nilai yang berbeda dari nol dalam interval waktu yang relatif pendek. Dalam hal ini wavelet berbeda dengan fungsi normal, ataupun fungsi gelombang seperti sinusoida, yang semuanya ditentukan dalam suatu domain waktu (-1,1). Wavelet dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *Father Wavelet* (ϕ) dan *Mother Wavelet* (ψ) yang mempunyai sifat:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \phi(x)dx = 1 \quad \text{dan} \quad \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x)dx = 0 \qquad 2.1$$

2. 4. 3. Tranformasi Wavelet

Transformasi merupakan suatu proses pengubahan data ke bentuk data lain yang mudah dianalisis, sebagai misal transformasi *fourier* merupakan suatu proses pengubahan data (sinyal) kedalam beberapa gelombang kosinus yang berfrekuensi berbeda, sedangkan transformasi *Wavelet* merupakan proses pengubahan sinyal kedalam berbagai *Wavelet* basis (*Mother Wavelet*) dengan berbagai fungsi pergeseran dan penyekalaan (Wijaya & Bulkis, 2004). Transfomasi *Wavelet* merupakan pengubahan sinyak ke dalam berbagai *Wavelet* basis dengan berbagai pergeseran dan penyekalaan. Oleh karena itu, koefisien *Wavelet* dari beberapa skala atau resolusi dapat dihitung dari koesfisien *Wavelet* pada resolusi tinggi berikutnya. Hal ini memungkinkan mengimplementasikan transformasi *Wavelet* menggunakan struktur pohon yang dikenal sebagai algoritma piramid (*pyramid algorithm*).

Transformasi *Wavelet* merupakan suatu proses pengubahan data dalam bentuk lain agar lebih mudah dianalisis. Transformasi *Wavelet* menggunakan dua komponen penting dalam melakukan transformasi yakni fungsi skala (*scaling function*) dan fungi *Wavelet* (*Wavelet function*). Fungsi skala disebut juga dengan

Lowpass filter, sedangkan fungsi *Wavelet* disebut juga sebagai *Highpass filter*. Proses transformasi *Wavelet* dilakukan dengan mengkonvolusi sinyal dengan data tapis atau dengan proses perata-rataan dan pengurangan secara berulang, yang sering disebut dengan metode *filter bank*. Sinyal asli dapat dipulihkan kembali dengan rekonstruksi dari sinyal yang telah didekomposisi dengan menerapkan *Inverse Discrete Wavelet Transform* (IDWT). Secara garis besar transformasi *Wavelet* terbagi menjadi dua, yaitu:

1. *Continue Wavelet Transform* (CWT)

   Countinue Wavelet Transform (CWT) digunakan untuk sebuah fungsi yang berdomain bilangan real atas sumbu x. cara kerja *Countinue Wavelet Transform* (CWT) adalah dengan menghitung konvolusi sebuah sinyal dengan sebuah fungsi *Wavelet* pada setiap waktu dengan setiap skala yang digunakan.

2. *Discrete Wavelet Transform* (DWT)

   Discrete Wavelet Transform (DWT) digunakan untuk sebuah fungsi atau domain bilangan bulat (biasanya t = 0, 1, …, N – 1, dimana N dinotasikan sebagai banyaknya nilai dalam runtun waktu). Dibandingkan dengan CWT, *Discrete Wavelet Transformation* (DWT) dianggap relatif lebih mudah pengimplementasiannya. Berdasarkan sifatnya, *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dapat dibedakan menjadi dua, yaitu (Daubechies, 1992):

   1) *Maximum Overlap Discrete Wavelet Transformation* (MODWT)
   2) Wavelet Basis Ortonormal

2. 4. 4. *Maximum Overlap Discrete Wavelet Transformation* (MODWT)

Transformasi dengan menggunakan DWT tidak dapat dilakukan jika sampel yang diamati berukuran sembarang yang tidak dapat dinyatakan dalam bentuk 2^J dengan J bilangan bulat positif. Sebagai alternatif, penghitungan dapat dilakukan dengan *Maximal Overlap Discrete Transform* (MODWT). Keuntungan MODWT adalah dapat mengeliminasi reduksi data menjadi setengahnya (*down-sampling*) sehingga dalam setiap level akan terdapat koefisien wavelet dan skala sebanyak panjang data (Percival & Walden, 2000). Pada MODWT koefisien wavelet pada setiap level selalu sama sehingga lebih sesuai untuk pemodelan pada time series dibandingkan dengan DWT. Prediksi data time series satu langkah ke depan dimodelkan secara linear berdasarkan koefisien wavelet hasil dekomposisi pada waktu-waktu sebelumnya.

2. 5 *Fuzzy*

2. 5. 1. Himpunan Fuzzy

Himpunan klasik (*crisp set*) adalah himpunan yang membedakan anggota dan bukan anggota dengan batasan yang jelas (Ross, 2010). Himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari himpunan klasik dimana keberadaan suatu elemen tidak lagi bernilai benar atau salah, tetapi akan selalu bernilai benar jika mempunyai derajat keanggotaan yang berada dalam rentang [0,1] (Klir & Bon, 1997). Sedangkan himpunan klasik (*crisp set*) adalah himpunan yang membadakan anggota dan bukan anggota dengan batasan yang jelas.

Pada himpunan tegas (*crisps*), derajat keanggotaan suatu elemen *x* dalam himpunan *A*, memiliki dua kemungkinan, yaitu (Kusumadewi, 2003):

a. Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau

b. Nol (0), yang berarti suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Kemiripan antara keanggotaan *fuzzy* dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval [0,1], namun interpretasi nilainya sangat berbeda atara dua kasus tersebut. Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapatan atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindifikasi proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai besar daam jangka panjang. Misalnya, jika derajat keanggotaan suatu himpunan *fuzzy A* adalah 0.7, maka tidak perlu dipermasalahkan berapa seringnya nilai itu diulang secara individual untuk mengharapkan suatu hasil yang hampir pasti muda. Di lain pihak, nilai probabilitas 0.7 berarti 30% dari himpunan tersebut diharapkan tidak *A*. Himpunan fuzzy memiliki dua atribut yaitu (Kusumadewi, 2003):

a. Linguistik, yaitu penamaan suatu himpunan yang memiliki suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: RENDAH, SEDANG, TINGGI.

b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 40, 25, 50, dan sebagainya.

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

a. Variabel Fuzzy

Variabel fuzzy merupakan variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem fuzzy.

b. Himpunan Fuzzy

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

c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan atau universal adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu sistem fuzzy. Semester 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.

d. Domain

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

2. 5. 2. Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* kedalam derajat keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Kusumadewi, 2003). Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Menurut Wang (1997), suatu himpunan *fuzzy* pada suatu himpunan semesta *U* dapat dinyatakan dengan nilai keanggotaan pada interval [0,1]. Suatu himpunan *fuzzy A* pada himpunan semesta *U* dapat dinyatakan dengan himpunan pasangan terurut elemen *x* dan nilai keanggotaannya. Secara matematis pernyataan tersebut dapat ditulis dengan:

$$A = \{x, \mu_A x | x \in X\} \quad 2.2$$

Fungsi keanggotaan yang dapat dibangun dan digunakan untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy* antara lain (Kusumadewi, 2003):

a. Representasi Linear

Pada represetasi linear, pemetaan *input* ke derajat keanggotanya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Berikut ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Terdapat dua keadaan pada himpunan *fuzzy* yang linear, yaitu:

1) Representasi Linear Naik

Representasi linear naik dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keangotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi.

Fungsi keanggotaan kurva representasi linear naik:

$$\mu(x)=\begin{cases} 0 & ,x<a \\ \dfrac{x-a}{b-a} & ,a\le x\le b \\ 1 & ,x>b \end{cases} \qquad 2.3$$

2) Representasi Linear Turun

Representasi nilai turun merupakan kebalikan dari representasi linear naik. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain dengan derajat keanggotaan yang lebih rendah. Fungsi keanggotaan kurva representasi linear turun:

$$\mu(x)=\begin{cases} 1 & ,x<a \\ \dfrac{x-a}{b-a} & ,a\le x\le b \\ 0 & ,x>b \end{cases} \qquad 2.4$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Representasi kurva segitiga pada dasarnya terbentuk dari gabungan 2 garis linear, yaitu linear naik dan linear turun. Kurva segitiga hanya memiliki satu nilai x dengan derajat keanggotaan tertinggi [1], hal tersebut terjadi ketika $x=b$. Nilai yang tersebar dipersekitaraan b memiliki perubahan derajat keanggotaan menurun dengan menjauhi 1.

Fungsi keanggotaan Kurva Segitiga:

$$\mu(x)=\begin{cases}0 & ,x\le a \text{ dan } x\ge c\\ \dfrac{x-a}{b-a} & ,a\le x\le b\\ \dfrac{b-x}{c-b} & ,b\le x<c\end{cases} \qquad 2.5$$

2. 5. 3. Pengertian Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan perluasan dari logika klasik. Proposisi pada logika klasik hanya mengenal benar atau salah dengan proposisi nilai 0 atau 1. Sedangkan logika *fuzzy* menyamaratakan 2 nilai logika klasik dengan membiarkan proposisi nilai kebenaran pada interval [0,1] (Wang, 1997). Zadeh (1996) menyatakan bahwa integrasi logika *fuzzy* ke dalam sistem informasi dan rekayasa proses menghasilkan aplikasi seperti sistem kontrol, alatalat rumah tangga, dan sistem pengambilan keputusan yang lebih fleksibel, mantap, dan canggih dibandingkan dengan sistem konvensional. Logika *fuzzy* memimpin dalam pengembangan kecerdasan mesin yang lebih tinggi. Produk-produk berikut telah menggunakan logika *fuzzy* dalam alat-alat rumah tangga seperti mesin cuci, video dan kamera refleksi lensa tunggal, pendingin ruangan, oven, *microwave*, dan banyak sistem diagnosa mandiri. Alasan digunakannya logika *fuzzy* antara lain (Kusumadewi, 2003):

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti dengan konsep matematis sebagai dasar dari penalaran *fuzzy* yang sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan, dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.

3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat. Jika diberikan sekelompok data yang cukup homogeny, dan kemudian ada beberapa data yang "ekslusif", maka logika fuzzy memiliki kemampuan untuk menangani data ekslusif.
4. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat komples.
5. Logika fuzzy dapat mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para ahli secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan. Dalam hal ini, sering dikenal dengan nama Fuzzy Expert System menjadi bagian terpenting.
6. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional. Hal ini umumnya terjadi pada aplikasi di bidang teknik mesin maupun teknik elektro.
7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami. Logika fuzzy menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

2. 5. 4. Sistem Fuzzy

Menurut Wang (1997), sistem *fuzzy* terdiri dari 3 tahapan, yaitu:

1. Fuzzifikasi

   Fuzzifikasi merupakan tahap pertama dari perhitungan *fuzzy*, yaitu mengubah masukan (*input*) yang berupa derajat keanggotaan. Sehingga, tahap ini mengambil nilai-nilai crisp dan menentukan derajat dimana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai.

2. Inferensi

   Inferensi adalah melakukan penalaran menggunakan *fuzzy input* dan aturan *fuzzy* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy output*. Secara sintaks, suatu aturan *fuzzy* dituliskan sebagai berikut:

   IF anteseden THEN konsekuen

3. Defuzzifikasi

   Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga, jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crips* tertentu sebagai *output*.

2. 5. 5. Sistem Inferensi Fuzzy

Ada beberapa metode dalam sistem inferensi *fuzzy* yang biasa digunakan, yaitu:

1. Metode Mamdani

   Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Pada sistem ini untuk mendapatkan *output* diperlukan 4 tahap, antara lain (Kusumadewi, 2003):

   a. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

      Pada metode Mamdani, variabel *input* dan variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

b. Aplikasi Fungsi Implikasi

c. Komposisi Aturan

Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu

1) Metode Max (Maksimum)

Pada metode max solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan yang kemudian digunakan untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator *OR* (union/gabungan). Jika semua proposisi telah dievaluasi maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang menggambarkan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max\left(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]\right) \qquad 2.6$$

dengan

$\mu_{sf}[x_i]$: derajat keanggotaan solusi *fuzzy* aturan ke-*i*.

$\mu_{kf}[x_i]$: derajat keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-*i*.

2) Metode *Additive* (Sum)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \min\left(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]\right) \qquad 2.7$$

dengan

$\mu_{sf}[x_i]$: derajat keanggotaan solusi *fuzzy* aturan ke-*i*.

$\mu_{kf}[x_i]$: derajat keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-*i*.

3) Metode Probabilistik OR (Probor)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *Output* daerah *fuzzy*.

Secara umum dituliskan sebagai berikut:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i] - (\mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i]) \qquad 2.8$$

dengan

$\mu_{sf}[x_i]$: derajat keanggotaan solusi *fuzzy* aturan ke-*i*.

$\mu_{kf}[x_i]$: derajat keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-*i*.

d. Defuzzifikasi (Penegasan)

Terdapat beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan Mamdani (Setiadji, 2009):

1) Metode *Centroid*

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z*) daerah *fuzzy*, secara umum dirumuskan:

$$Z^* = \frac{\int z\mu(z)dz}{\int \mu(z)}, \text{ untuk semesta kontinu} \qquad 2.9$$

$$Z^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^{n} \mu(z_j)}, \text{ untuk semesta diskret} \qquad 2.10$$

2) Metode Bisektor

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

$$z_p \text{ sedemikian hingga } \int_{R1}^{p} \mu(z)dz = \int_{p}^{Rn} \mu(z)dz \qquad 2.11$$

3) Metode *Mean of Maximum* (MOM)

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

4) Metode *Largest of Maximum* (LOM)

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

2. Metode Takagi Sugeno Kang

Metode Takagi Sugeno Kang hampir sama dengan metode Mamdani, hanya saja metode ini mempunyai konsekuen bukan merupakan himpunan *fuzzy* melainkan berupa konstanta atau persamaan linear dengan variabel-variabel yang disesuaikan dengan variabel *input*nya. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985.

Metode Sugeno mempunyai 2 macam model, yaitu (Kusumadewi, 2003):

a. Model Sugeno orde nol

Secara umum model Sugeno orde nol adalah:

$$if\, x_i\ is\ A_i \circ x_2\ is\ A_2 \circ \ldots \circ x_1\ is\ A_i\ then\ z = k \qquad 2.12$$

dengan

A_i : himpunan *fuzzy* ke=*i* pada variabel x_i sebagai anteseden

k : konstanta tegas sebagai konsekuen

$\circ$: operator *fuzzy*

b. Model Sugeno orde satu

Secara umum bentuk model Sugeno orde satu adalah:

$$\text{if } x_i \text{ is } A_i \circ x_2 \text{ is } A_2 \circ \ldots \circ x_1 \text{ is } A_i \text{ then } z = p_1 x_1 + \ldots + p_i x_i + q \qquad 2.13$$

dengan

A_i : himpunan *fuzzy* ke-*i* pada variabel x_i sebagai anteseden

p_i : konstanta tegas ke-*i* pada variabel x_i

q : konstanta tegas sebagai konsekuen

$\circ$: operator *fuzzy*

Selanjutnya untuk mendapatkan nilai tegas sebagai *output* dilakukan dengan proses agregasi dan defuzzifikasi dengan mencari nilai rata-ratanya.

$$z = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i z_i}{\sum_{i=1}^{n} z_i} \qquad 2.14$$

dengan

z : nilai *output*

a_i : nilai *a* predikat untuk aturan ke-*i*

z_i : nilai *output* untuk aturan ke-*i*

2. 5. 6. Fuzzy Time Series

Pada perkembangan sistem *fuzzy*, Chen dan Hsu, serta Stevenson dan Porter memperkenalkan suatu metode peramalan data runtun waktu yang menggunakan sistem inferensi *fuzzy* dengan basis yang diperkenalkan oleh Wang dan Mendel. Metode tersebut dikenal sebagai *fuzzy time series*. Berikut langkah-langkah penerapan *fuzzy time series*:

1. Definisikan himpunan semesta U dan bagi menjadi beberapa interval $u_1, u_2, \ldots, u_n$ dengan panjang yang sama. Himpunan semesta yang digunakan adalah persentase perubahan data runtun waktu i ke $i+1$.
2. Tentukan kepadatan distribusi dari persentase perubahan data runtun waktu dengan mengurutkan data tersebut ke dalam interval yang bersesuaian. Selanjutnya tentukan jumlah data yang terdapat dalam masing-masing interval. Temukan interval yang memiliki jumlah data terbanyak dan bagi menjadi empat sub interval dengan panjang yang sama. Kemudian bagi interval yang memiliki jumlah data terbanyak kedua menjadi tiga sub interval dengan panjang yang sama. Interval yang memiliki jumlah data terbanyak ketiga dibagi menjadi dua sub interval dengan panjang yang sama. Untuk interval-interval lainnya, biarkan seperti semula.

3. Definisikan himpunan-himpunan *fuzzy* A_i berdasarkan interval yang terbentuk dan fuzzifikasi persentase perubahan data runtun waktu tersebut. Himpunan *fuzzy* A_i menunjukkan variabel linguistik dari persentase perubahan data runtun waktu. Seperti dalam Chen dan Hsu digunakan fungsi keanggotaan segitiga untuk mendefinisikan himpunan-himpunan *fuzzy* A_i.

4. Defuzzifikasi data *fuzzy* menggunakan rumus peramalan berikut:

$$t_j = \begin{cases} \dfrac{1.5}{\dfrac{1}{a_1}+\dfrac{1}{a_2}}, & if \quad j=1 \\ \dfrac{2}{\dfrac{0.5}{a_{j-1}}+\dfrac{1}{a_j}+\dfrac{1}{a_{j+1}}}, & if \quad 2 \le j \le n-1 \\ \dfrac{1.5}{\dfrac{0.5}{a_{n-1}}+\dfrac{1}{a_n}}, & if \quad j=n \end{cases} \tag{2.15}$$

   Dimana a_{j-1}, a_j, a_{j+1} merupakan titik-titik tengah dari interval *fuzzy* A_{j-1}, A_j, A_{j+1} secara berurutan. t_j menunjukkan persentase perubahan data runtun waktu hasil peramalan. Selanjutnya, persentase hasil peramalan tersebut digunakan untuk menentukan data runtun waktu hasil peramalan.

2. 6 Metode Fuzzy Wavelet Popoola

Pada langkah pertama metode peramalan *fuzzy-wavelet* Popoola, data runtun waktu dipanggil ke dalam sistem. Selanjutnya, data mentah tersebut ditransformasi dengan menggunakan transformasi *wavelet* MODWT pada *level* yang ditentukan. Setiap komponen hasil transformasi, baik bagian *detail* maupun *smooth*, kemudian diprediksi dengan membangun suatu sistem inferensi *fuzzy*. Hasil prediksi yang telah dilakukan selanjutnya digabung untuk memberikan hasil peramalan data runtun waktu secara keseluruhan. (Popoola, 2004)

2. 7 Pengukuran Kesalahan Prediksi

Hasil prediksi yang akurat adalah prediksi yang memiliki tingkat kesalahan (*error*) yang minimal. Beberapa metode lebih ditentukan untuk meringkas kesalahan yang dihasilkan oleh fakta (keterangan) pada teknik peramalan. Sebagian besar dari pengukuran ini melibatkan rata-rata beberapa fungsi dari perbedaan antara nilai aktual dan nilai peramalannya. Perbedaan antara nilai observasi dan nilai ramalan ini sering dimaksud sebagai residual.

Metode untuk menghitung kesalahan peramalan adalah MAPE. MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) adalah nilai tengah kesalahan persentase *absolute* dari suatu peramalan. Metode ini berguna ketika ukuran atau besar variabel ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. MAPE mengindikasi seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata pada deret. Metode MAPE digunakan jika nilai Y_t besar. MAPE juga dapat digunakan untuk membandingkan ketepatan dari teknik yang sama atau berbeda dalam dua deret yang sangat berbeda dan mengukur ketepatan nilai dugaan model yang dinyatakan dalam bentuk rata-rata persentase absolut kesalahan.

MAPE dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Hanke & Wichern, 2005):

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\frac{\left|Y_t - \hat{Y}_t\right|}{Y_t}$$

2. 8 Definisi Penumpang

Kata *passenger* berasal dari bahasa Inggris. Arti *Passenger* Menurut Echols & Hassan (2005) dalam kamus Bahasa Inggris Indonesia "*passenger*" adalah penumpang dan Menurut Damardjati (1995), pengertian penumpang adalah setiap orang yang di angkut ataupun harus di angkut di dalam pesawat udara ataupun alat pengangkutan lainnya, atas dasar persetujuan dari perusahaan barang dan jasa yang mereka dapat berupa seorang (individu) dan dapat pula sebagai suatu jasa perusahaan.

2. 9 Bus DAMRI

Berawal dari jaman pendudukan Jepang di Indonesia tahu 1943, pada saat itu terdapat dua perusahaan angkutan yaitu Jawa Unyu Zigyosha yang mengkhususkan diri pada jasa angkutan barang dengan truk, gerobak/cikar, dan Zidosha Sokyoku mengkhususkan diri untuk angkutan penumpang dengan kendaraan bermotor/bus. Tahun 1945 setelah Indonesia merdeka, dibawah pengelolaan Kementrian Perhoeboengan RI, Jawa Unyu Zigyosha berubah nama menjadi "Djawatan Pengangkoetan" untuk angkutan barang dan Zidosha Sokyoku beralih menjadi "Djawatan Angkutan Darat" untuk angkutan penumpang. Pada tanggal 25 November 1946, keduanya digabungkan berdasarkan Makloemat Mentei Perhoeboengan RI No.01/DAM/46 dibentuklah "Djawatan Angkoetan

Motor Repoeblik Indonesia", disingkat DAMRI. Tugas utama DAMRI adalah menyelenggarakan pengangkutan darat dengan bus, truk, dan angkutan bermotor lainya (DAMRI, 2018).