BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1 Peramalan

Peramalan adalah suatu usaha untuk meramalkan keadaan di masa yang akan datang melalui pengujian keadaan dimasa lalu (Prasetya&Lukiastuti, 2009). Peramalan sangat diperlukan dalam suatu instansi agar instansi tersebut dapat memperhitungkan keadaan cuaca yang terjadi disuatu wilayah. Saat ini kebutuhan akan informasi cuaca sudah semakin meningkat, seiring dengan semakin banyaknya pihak yang menggunakan dan memanfaatkan informasi tersebut. Oleh karena itu, instansi dituntut untuk dapat memberikan informasi yang cepat, akurat dan tepat.. Peramalan bertujuan mendapatkan peramalan yang bisa meminimumkan kesalahan meramal (*forecast error)* yang biasanya diukur dengan *Mean Square Error* (*MSE*) (Prasetya & Lukiastuti, 2009).

2. 2 Metode Runtun Waktu

Runtun waktu (*time series*) adalah suatu rangkaian pengamatan berdasarkan urutan waktu dari karakteristik kuantitatif dari satu atau kumpulan kejadian yang diambil dalam periode waktu tertentu (OECD 2017). Untuk menemukan pola yang terdapat dalam data runtun waktu (*time series*) yang dapat digunakan untuk meramalkan kejadian mendatang, maka para penelitimengadopsi metode-metode analisis data runtun waktu (*time series analysis*).

http://repository.unimus.ac.id

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*.

http://repository.unimus.ac.id

2. 4 Wavelet

2. 4. 1. Pengertian Wavelet

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:

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

http://repository.unimus.ac.id

2. 4. 3. Tranformasi Wavelet

Transformasi merupakan suatu proses pengubahan data ke bentuk data lain yang mudah dianalisis. Transformasi *Wavelet* merupakan proses pengubahan sinyal kedalam berbagai *Wavelet* basis (*Mother Wavelet*) dengan berbagai fungsi pergeseran dan penyekalaan (Wijaya & Bulkis, 2004). 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* 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). *Discrete Wavelet Transform* (DWT) digunakan untuk sebuah fungsi atau domain bilangan bulat (biasanya t = 0, 1, …, *N*–1, dimana *N* dinotasikan dalam banyaknya nilai dalam runtun waktu). Berdasarkan sifatnya, *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dapat dibedakan menjadi dua, yaitu (Daubechies, 1992):

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

http://repository.unimus.ac.id

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 *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.

Kemiripan antara keanggotaan *fuzzy* dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval [0,1], namun interpretasi nilainya sangat berbeda antara dua kasus tersebut. Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap suatu keputusan, sedangkan probabilitas mengindifikasi proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai besar dalam jangka panjang.

http://repository.unimus.ac.id

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.

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:

http://repository.unimus.ac.id

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:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & , x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ 1 & , x > b \end{cases} \quad (2.3)$$

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:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & , x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ 0 & , x > b \end{cases} \quad (2.4)$$

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.

http://repository.unimus.ac.id

Fungsi keanggotaan Kurva Segitiga:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & , x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ \frac{b-x}{c-b} & , x > b \end{cases} \quad (2.4)$$

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, alat-alat rumah tangga, dan sistem pengambilan keputusan yang lebih fleksibel, mantap, dan canggih dibandingkan dengan sistem konvensional. 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 kompleks.

http://repository.unimus.ac.id

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,

http://repository.unimus.ac.id

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.

http://repository.unimus.ac.id

Secara umum dapat dituliskan:

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

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

$\mu_{kf}[x_i]$: derajat keanggotaan konsekuen *fuzzy* 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:

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

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

$\mu_{kf}[x_i]$: derajat keanggotaan konsekuen *fuzzy* 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:

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

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):

http://repository.unimus.ac.id

1) Metode *Centroid*

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

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

$$Z^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^{n} \mu(z_j)}$$, untuk semesta diskret (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 sedemikian hingga $\int_{R1}^{p} \mu(z)dz = \int_{p}^{Rn} \mu(z)dz$ (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

http://repository.unimus.ac.id

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:

$$if\ x_i\ is\ A_i \circ x_2\ is\ A_2 \circ ... \circ x_1\ is\ A_i\ then\ z = k \qquad (2.12)$$

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:

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

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.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i z_i}{\sum_{i=1}^{n} z_i} \qquad (2.14)$$

http://repository.unimus.ac.id

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 $u_1, u_2, ..., u_n$ 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.

http://repository.unimus.ac.id

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 linguistic 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:

$$t_j = \begin{cases} \dfrac{1{,}5}{\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}} & , \textit{if} \quad j = 1 \\ \dfrac{2}{\frac{0{,}5}{a_{j-1}}+\frac{1}{a_j}+\frac{1}{a_{j+1}}} & , \textit{If } 2 \le j \le n\text{-}1 \\ \dfrac{1{,}5}{\frac{0{,}5}{a_{n-1}}+\frac{1}{a_n}} & , \textit{if} \quad j = n \end{cases} \qquad (2.15)$$

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*.

http://repository.unimus.ac.id

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):

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\frac{|Y-\hat{Y}|}{Y_t} \qquad (2.16)$$

http://repository.unimus.ac.id

1.8 Definisi Penumpang

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.

1.9 Kereta Api

Kereta api adalah sarana transportasi berupa kendaraan dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lainnya, yang bergerak di rel. Kereta api umumnya terdiri dari lokomotif yang dikemudikan oleh tenaga manusia yang disebut masinis dengan bantuan mesin dan rangkaian kereta atau gerbong sebagai tempat pengangkutan barang dan atau penumpang. Rangkaian kereta atau gerbong tersebut berukuran relatif luas sehingga mampu memuat penumpang atau barang dalam skala yang besar. Karena sifatnya sebagai angkutan massal efektif, beberapa negara berusaha memanfaatkannya secara maksimal sebagai alat transportasi utama angkutan darat baik di dalam kota, antarkota, maupun antarnegara. Menurut Salim (2004) angkutan kereta api adalah penyediaan jasa-jasa transportasi di atas rel untuk membawa barang dan penumpang. Kereta api memberikan pelayanan keselamatan, nyaman, dan aman bagi penumpang.

http://repository.unimus.ac.id

http://repository.unimus.ac.id