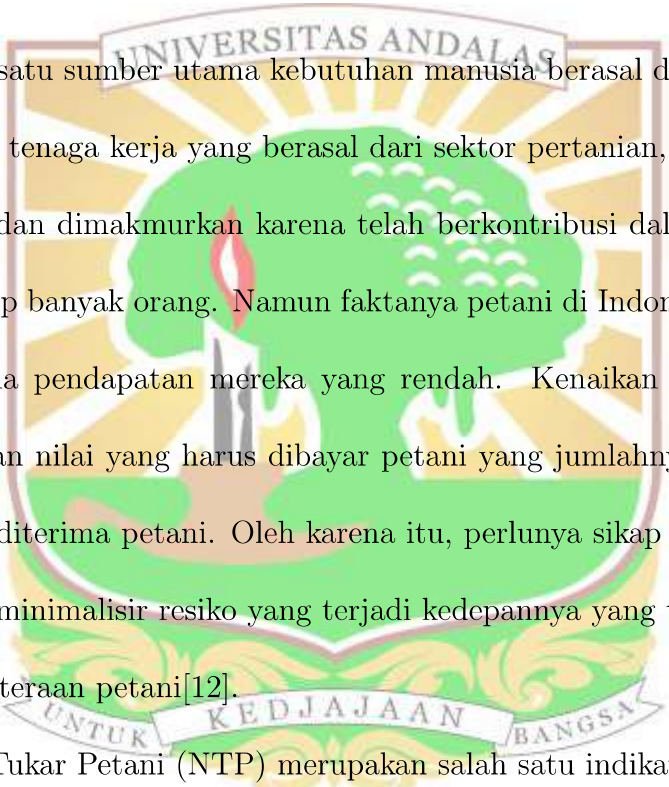


BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang



Salah satu sumber utama kebutuhan manusia berasal dari sektor pertanian. Banyak tenaga kerja yang berasal dari sektor pertanian, yang seharusnya dilindungi dan dimakmurkan karena telah berkontribusi dalam memenuhi kebutuhan hidup banyak orang. Namun faktanya petani di Indonesia seringkali dirugikan karena pendapatan mereka yang rendah. Kenaikan harga pangan berkaitan dengan nilai yang harus dibayar petani yang jumlahnya lebih tinggi dari nilai yang diterima petani. Oleh karena itu, perlunya sikap bijak, dan optimis untuk meminimalisir resiko yang terjadi kedepannya yang tentunya mengancam kesejahteraan petani[12].

Nilai Tukar Petani (NTP) merupakan salah satu indikator kesejahteraan petani dan instrumen yang digunakan untuk mengukur tingkat kesejahteraan petani. Dengan kata lain, NTP adalah ukuran kemampuan petani untuk menukar produk pertanian yang dihasilkan dengan barang dan jasa yang diperlukan untuk konsumsi rumah tangga petani dan kebutuhan dalam memproduksi barang-barang pertanian[12].

Indonesia merupakan negara agraris yang artinya sektor pertanian memegang peranan penting dalam perekonomian nasional. Indonesia memi-

liki potensi hasil pertanian dan sumber daya alam yang melimpah. Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu Provinsi di Indonesia yang memiliki potensi pertanian yang cukup besar terutama padi, jagung dan sayur-sayuran. Provinsi Sumatera Barat memiliki luas wilayah $42.297,30 \text{ km}^2$ (4.229.730 hektar), dan 5,4% (230.175,8 hektar) merupakan lahan persawahan yang tersebar di 19 kabupaten/kota, dimana setengah penduduknya berprofesi sebagai petani. Sebagai provinsi agraris, kemajuan di bidang pertanian akan berdampak positif terhadap penyediaan pangan bagi penduduk di Provinsi Sumatera Barat[8].

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), rata-rata data NTP Sumatera Barat selama tahun 2021 tercatat sebesar 107,61 atau naik 6,98 persen dibandingkan tahun sebelumnya yang tercatat sebesar 100,59. Rata-rata indeks harga yang diterima petani (It) tahun 2021 sebesar 116,55 atau naik 9,40 persen dibandingkan tahun sebelumnya yang tercatat sebesar 106,55. Kemudian rata-rata indeks yang dibayarkan petani (Ib) selama tahun 2021 sebesar 108,33 atau naik 2,28 persen dibandingkan tahun sebelumnya yang tercatat sebesar 105,92. Berdasarkan rata-rata nilai It dan Ib periode 2019-2020 di Provinsi Sumatera Barat, terlihat bahwa NTP meningkat karena adanya peningkatan nilai It dan Ib. Kondisi ini menunjukkan bahwa potensi pendapatan petani dapat mengimbangi kenaikan harga konsumsi rumah tangga dan biaya produksi petani, serta kebutuhan petani akan tambahan barang modal[1]. Semakin tinggi nilai NTP, relatif semakin kuat pula tingkat kemampuan atau daya beli petani.

Oleh karena itu, peramalan NTP diperlukan sebagai salah satu indikator untuk meningkatkan kesejahteraan petani, gambaran bagi pemerintah

mengenai NTP dimasa mendatang dan sebagai tolak ukur dalam pengambilan keputusan guna untuk meningkatkan pembangunan di bidang pertanian Provinsi Sumatera Barat.

Analisis *time series* merupakan salah satu metode yang digunakan dalam peramalan. *Time series* merupakan sekumpulan data yang terurut berdasarkan waktu. Analisis *time series* digunakan untuk menganalisis data dengan mempertimbangkan pengaruh waktu. Salah satu metode dari analisis *time series* adalah *fuzzy time series*. *Fuzzy time series* merupakan metode yang menggabungkan konsep logika *fuzzy* dengan analisis data *time series*.

Ada banyak penelitian yang sudah dilakukan terkait metode *fuzzy time series*. Febyani Rachim dkk menerapkan metode *fuzzy time series Chen* dan *fuzzy time series Singh* terhadap Nilai Impor di Jawa Tengah pada tahun 2020, hasil penelitian diperoleh metode *fuzzy time series Singh* memiliki nilai MAPE lebih kecil yaitu 5,50% dibandingkan metode *fuzzy time series Chen* sebesar 10,95% [16]. Penelitian lainnya, Rahmawati dkk menggunakan metode *fuzzy time series Ruey Chyn Tsaur* dalam memprediksi curah hujan pada tahun 2021, dengan nilai MAPE 0,37% atau memiliki presisi perkiraan 99,63% [17]. Hasil dari kedua penelitian tersebut membuktikan bahwa metode *fuzzy time series Singh* dan *fuzzy time series Ruey Chyn Tsaur* memiliki hasil akurasi yang sangat baik, hal ini menunjukkan bahwa kedua metode ini dapat digunakan dalam peramalan.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, akan dilakukan perbandingan metode *fuzzy time series Singh* dan *fuzzy time series Ruey Chyn Tsaur*

untuk menentukan metode terbaik yang dapat memberikan akurasi peramalan yang baik dalam meramalkan Nilai Tukar Petani Provinsi Sumatera Barat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana hasil peramalan Nilai Tukar Petani Provinsi Sumatera Barat menggunakan metode *fuzzy time series Singh* dan *fuzzy time series Ruey Chyn Tsaur*?
2. Bagaimana perbandingan hasil akurasi peramalan Nilai Tukar Petani Provinsi Sumatera Barat dengan menggunakan metode *fuzzy time series Singh* dan *fuzzy time series Ruey Chyn Tsaur*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini terdapat pada data dan metode yang digunakan. Data yang digunakan adalah data Nilai Tukar Petani Provinsi Sumatera Barat dari periode Januari 2017 hingga Oktober 2022. Metode yang digunakan untuk peramalan adalah *fuzzy time series Singh* dan *fuzzy time series Ruey Chyn Tsaur*. Sedangkan metode yang digunakan untuk membandingkan tingkat akurasi hasil peramalan yaitu MAPE, RMSE dan MAE.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menentukan hasil peramalan Nilai Tukar Petani Provinsi Sumatera Barat yang diperoleh dengan menggunakan metode *fuzzy time series Singh* dan *fuzzy time series Ruey Chyn Tsaur*
2. Membandingkan hasil akurasi peramalan Nilai Tukar Petani Provinsi Sumatera Barat dengan menggunakan metode *fuzzy time series Singh* dan *fuzzy time series Ruey Chyn Tsaur*.

1.5 Sistematika Penulisan

Secara keseluruhan tugas akhir ini terdiri dari lima bab. Bab I merupakan pendahuluan berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan. Konsep dasar dan teori-teori penunjang yang digunakan untuk menjelaskan metode *fuzzy time series Singh* dan *fuzzy time series Ruey Chyn Tsaur* ini dijelaskan pada Bab II Landasan Teori. Pada Bab III merupakan metode penelitian yang berisikan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian. Analisa dari data Nilai Tukar Petani Provinsi Sumatera Barat dengan menggunakan *fuzzy time series Singh* dan *fuzzy time series Ruey Chyn Tsaur* serta perhitungan akurasi peramalannya dijelaskan di Bab IV. Bab V merupakan Penutup yang berisi kesimpulan dari hasil yang diperoleh dan juga saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan beberapa teori yang digunakan untuk membandingkan *fuzzy time series Singh* dan *fuzzy time series Ruey Chyn Tsaun* untuk peramalan Nilai Tukar Petani (NTP) Provinsi Sumatera Barat pada periode Januari 2017 hingga Oktober 2022.

2.1 Nilai Tukar Petani (NTP)

Nilai Tukar Petani (NTP) merupakan perbandingan antara indeks harga yang diterima dan dibayar oleh petani. Indeks harga yang diterima petani (It) merupakan pendapatan petani dari hasil produksi pertanian, yaitu berupa harga tanaman pangan dan perdagangan, sedangkan indeks harga yang dibayar petani (Ib) merupakan pengeluaran petani untuk produksi pertanian, yaitu berupa harga konsumsi rumah tangga, biaya produksi dan penambahan barang modal[2]. Berdasarkan perbandingan tersebut, dapat dikatakan bahwa semakin tinggi NTP maka semakin baik *profit* yang diterima petani, atau semakin baik posisi pendapatan petani[18].

Badan Pusat Statistik (BPS) membagi NTP menjadi 3 macam, yaitu sebagai berikut[2]:

1. $NTP > 100$, berarti petani mengalami *surplus*. Pendapatan petani lebih

besar dibandingkan dengan pengeluarannya. Maka tingkat kesejahteraan petani lebih baik dibandingkan dengan sebelumnya

2. $NTP = 100$, berarti petani mengalami *break even point* atau dalam kondisi impas. Pendapatan petani sama dengan pengeluaran petani. Maka tingkat kesejahteraan petani tidak mengalami perubahan
3. $NTP < 100$, berarti petani mengalami *defisit*. Pendapatan petani lebih kecil dibandingkan dengan pengeluaran petani. Maka tingkat kesejahteraan petani mengalami penurunan jika dibandingkan dengan sebelumnya.

2.2 Peramalan

Peramalan atau *forecasting* adalah salah satu cara memprediksi kejadian di masa depan. Peramalan melibatkan pengambilan data aktual, yaitu kejadian masa lalu dan memproyeksikannya ke masa depan dengan model matematika [6]. Peramalan bertujuan untuk mendapatkan peramalan yang bisa meminimumkan kesalahan peramalan (*forecast error*) yang bisa diukur dengan *Mean Absolute Deviation* (MAD) dan *Mean Square Error* (MSE) dan lainnya. Sehingga dengan adanya peramalan akan mendapatkan gambaran keadaan dimasa yang akan datang, dan akan memberikan kemudahan dalam menentukan suatu kebijakan[4].

Berdasarkan perencanaan operasi di masa depan, maka peramalan dibagi menjadi 3 macam, yaitu[6]:

1. Peramalan ekonomi (*economic forecast*), berkaitan dengan siklus bisnis dengan memprediksi tingkat inflasi, suplai uang ,indikator ekonomi dan keuangan lainnya
2. Peramalan teknologi (*technological forecast*), berkaitan dengan memprediksi tingkat kemajuan suatu teknologi yang akan menghasilkan peralatan atau produk baru
3. Peramalan permintaan (*demand forecast*), berkaitan dengan memprediksi tingkat permintaan produk atau layanan suatu perusahaan.

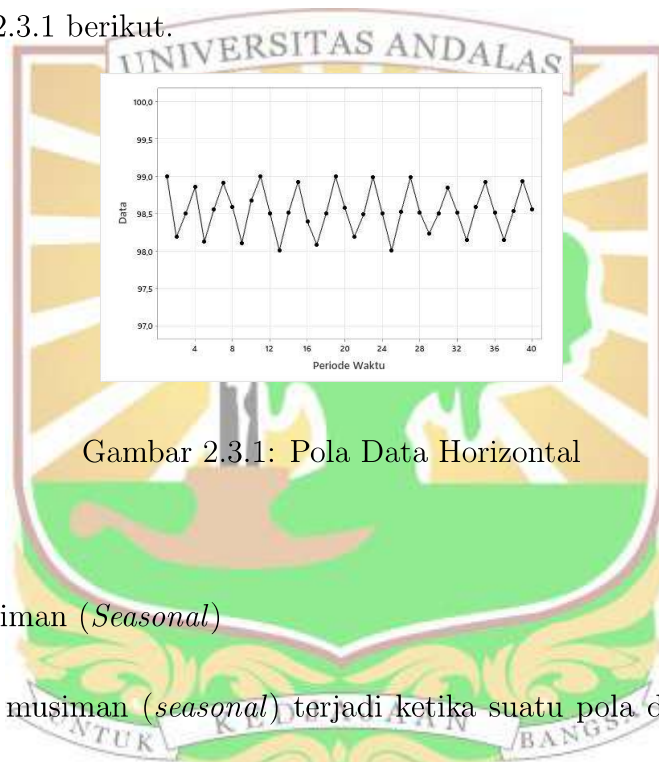
2.3 Analisis *Time Series*

Time series adalah kumpulan pengamatan yang diambil secara berurutan dalam waktu [14]. Analisis *time series* pada dasarnya digunakan untuk melakukan analisis data dengan mempertimbangkan pengaruh waktu. Data dikumpulkan secara berkala dalam urutan kronologis, seperti dalam jam, hari, minggu, bulan, kuartal, dan tahun. Analisis *time series* dapat dilakukan untuk membantu dalam menyusun perencanaan ke depan[11]. Tujuan analisis *time series* adalah memahami dan menjelaskan mekanisme tertentu serta menemukan pola dalam data *time series* dan meramalkan data tersebut ke masa yang akan datang[10].

Jenis pola data *time series* dapat dibedakan menjadi empat macam seperti yang dijelaskan berikut ini[10]:

1. Pola Horizontal

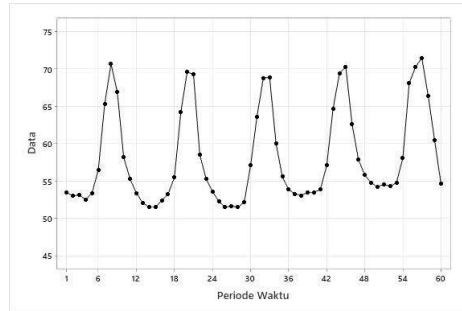
Pola horizontal terjadi ketika pola data *time series* berfluktuasi di sekitar rata-rata yang konstan. Fluktuasi berarti data yang naik turun tergantung dari keadaan data tersebut serta antara data satu dengan data lainnya. Misalkan penjualan bahan bakar yang tidak meningkat atau menurun secara tajam selama periode waktu tertentu termasuk ke dalam jenis pola horizontal. Ilustrasi dari pola horizontal dapat dilihat pada Gambar 2.3.1 berikut.



Gambar 2.3.1: Pola Data Horizontal

2. Pola Musiman (*Seasonal*)

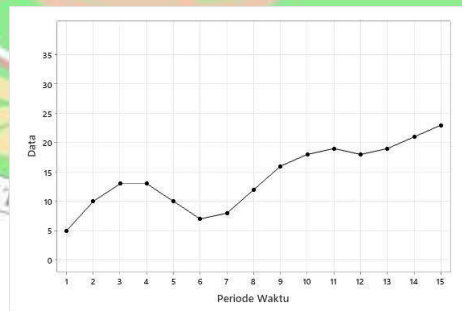
Pola musiman (*seasonal*) terjadi ketika suatu pola data *time series* berfluktuasi pada waktu yang sama setiap periode, dengan pola data yang berulang selama periode waktu tertentu, seperti bulanan dan tahunan. Misal data penjualan produk yang dicatat secara tahunan atau bulanan. Gambar 2.3.2 menunjukkan ilustrasi untuk pola musiman.



Gambar 2.3.2: Pola Data Musiman

3. Pola Siklis (*Cycle*)

Pola siklis (*cycle*) terjadi apabila pola data *time series* mengalami fluktuasi jangka panjang, karena dipengaruhi oleh siklus ekonomi atau bisnis. Misal penjualan produk seperti mobil dan peralatan utamanya. Pengaruh siklis sulit diprediksi karena pengaruhnya berulang tetapi tidak periodik. Ilustrasi pada Gambar 2.3.3 berikut menunjukkan pola siklis.

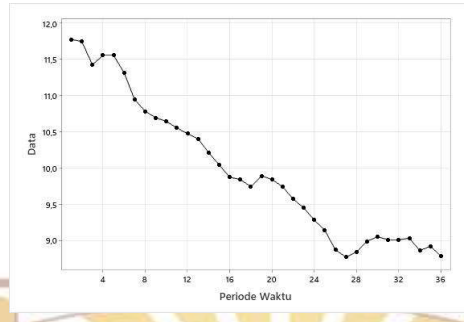


Gambar 2.3.3: Pola Data Siklis

4. Pola *Trend*

Pola *trend* terjadi apabila pola data *time series* mengalami kenaikan atau penurunan, pola data seperti ini bervariasi tak beraturan. Misal penjualan banyak perusahaan, produk nasional bruto atau *gross national*

product (GNP) dan berbagai indikator sektor ekonomi atau bisnis lainnya. Pola perkembangan data ini membentuk karakteristik yang mendekati garis linier. Gambar 2.3.4 menunjukkan ilustrasi untuk pola data *trend*.



Gambar 2.3.4: Pola Data *Trend*

2.4 Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* merupakan suatu logika yang memiliki nilai kesamaran antara salah dan benar. Logika *fuzzy* memiliki nilai keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Logika *fuzzy* digunakan untuk menangani ketidakpastian atau keambiguan dalam pengambilan keputusan[13].

2.5 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu pengelompokan berdasarkan variabel linguistik, yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan dalam himpunan semesta. Nilai Keanggotaan pada himpunan *fuzzy* berada pada rentang $[0,1]$. Pada himpunan *fuzzy* nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar, dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah[9].

Definisi 2.5.1. [5] Misalkan U adalah himpunan semesta. Suatu himpunan fuzzy A atas himpunan U didefinisikan sebagai:

$$A = \{(u, \mu_A(u)) \mid u \in U\}, \quad (2.5.1)$$

dengan $\mu_A : U \rightarrow [0, 1]$ disebut sebagai fungsi keanggotaan himpunan fuzzy A pada himpunan semesta U . Jika u adalah keanggotaan dari A , maka $\mu_A(u)$ adalah derajat keanggotaan u terhadap A .

Ada beberapa cara menyatakan himpunan fuzzy selain pada definisi diatas, yaitu[5]:

1. $A = \{(u_1, \mu_A(u_1)), (u_2, \mu_A(u_2)), \dots, (u_k, \mu_A(u_k))\}$
2. $A = \sum_{j=1}^k \frac{\mu_A(u_j)}{u_j}$

2.6 Fuzzifikasi dan Defuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses untuk mengubah variabel *non fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Proses defuzzifikasi merupakan kebalikan dari proses fuzzifikasi, yaitu mengubah variabel *fuzzy* menjadi suatu variabel numerik (variabel *non fuzzy*). Tujuan dari defuzzifikasi adalah untuk mengkonversikan setiap hasil yang diekspresikan dalam bentuk himpunan *fuzzy* ke dalam suatu bilangan riil. Hasil defuzzifikasi yang berupa bilangan riil tersebut dijadikan sebagai nilai hasil peramalan [19].

2.7 Fuzzy Time Series (FTS)

Fuzzy time series (FTS) adalah metode yang diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993, merupakan konsep baru untuk peramalan dengan menggunakan logika *fuzzy*, yaitu masalah peramalan *time series* yang mampu memberikan penjelasan pada data yang samar dan disajikan dalam nilai-nilai linguistik[23].

Berikut ini adalah definisi dan teori dari metode *fuzzy time series*:

Definisi 2.7.1. [21] Misalkan $Y(t) \in \mathbb{R}$ ($t = 0, 1, 2, \dots$) adalah sebuah *time series*. Jika A_i adalah himpunan *fuzzy* pada $Y(t)$ dan $F(t)^* = \{A_1, A_2, A_3, \dots\}$, maka $F(t)^*$ disebut *fuzzy time series* pada $Y(t)$.

Definisi 2.7.2. [7] Misalkan $F(t-1) = A_i$ dan $F(t) = A_j$. Hubungan antara 2 pengamatan berturut-turut, $F(t)$ dan $F(t-1)$ disebut sebagai suatu hubungan logika *fuzzy* (*fuzzy logical relationship* (FLR)), dapat dituliskan sebagai $A_i \rightarrow A_j$, dimana A_i disebut dengan sisi kiri dan A_j disebut sebagai sisi kanan dari FLR.

Definisi 2.7.3. [7] Semua *fuzzy logical relationship* (FLR) dapat dikelompokkan lebih lanjut menjadi kelompok FLR yang berbeda berdasarkan sisi kiri yang sama dari FLR. Sebagai contoh, terdapat dua FLR dengan sisi kiri yang sama (A_p): $A_i \rightarrow A_{j_1}$ dan $A_i \rightarrow A_{j_2}$. Maka, dua FLR ini dapat dikelompokkan ke dalam suatu kelompok hubungan logika *fuzzy* (*fuzzy logical relationship group* (FLRG)).

2.8 Fuzzy Time Series Singh

S. R. Singh pada tahun 2007 mengusulkan metode komputasi sederhana untuk peramalan *fuzzy time series* dengan menggunakan algoritma sederhana. Metode ini meminimalkan kerumitan dalam perhitungan *fuzzy* dan mencari proses defuzzifikasi yang sesuai dan diharapkan mampu menyediakan nilai perkiraan akurasi yang lebih baik[24]. Adapun Langkah-langkah peramalan pada metode *fuzzy time series Singh* adalah sebagai berikut [20]:

1. Pembentukan Interval Kelas

Interval kelas dibentuk dari himpunan semesta U yang didefinisikan sebagai berikut:

$$U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_k\} \quad (2.8.1)$$

dengan u_1, u_2, u_3 adalah interval pertama, kedua, ketiga dan seterusnya hingga u_k adalah interval ke- k , dengan k adalah banyaknya interval kelas.

Banyak interval kelas (k) yang dapat dihitung menggunakan persamaan *Sturges*:

$$k = 1 + 3,322 \log(n) \quad (2.8.2)$$

dengan n adalah banyaknya data aktual.

Kemudian menentukan lebar interval (l) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$l = \frac{D_{max} - D_{min}}{k} \quad (2.8.3)$$


dengan D_{min} adalah data terkecil, D_{max} adalah data terbesar dan k adalah banyak interval kelas.

Selanjutnya mencari nilai tengah atau *midpoint* (m_i), $i = 1, 2, \dots, k$ dengan menggunakan persamaan berikut:

$$m_i = \frac{a_i + b_i}{2} \quad (2.8.4)$$

dengan m_i adalah nilai tengah himpunan *fuzzy* ke- i , a_i adalah batas bawah, dan b_i adalah batas atas masing-masing pada i yang bersesuaian.

Sehingga setelah diperoleh banyak interval kelas (k) dan lebar interval kelas (l), maka dapat dibentuk interval kelas u_1, u_2, \dots, u_k dengan menggunakan rumus berikut:



$$\begin{aligned}
 u_1 &= (D_{min}, D_{min} + l) \\
 u_2 &= (D_{min} + l, D_{min} + 2l) \\
 &\vdots \\
 u_k &= (D_{min} + (k - 1)l, D_{min} + kl).
 \end{aligned} \quad (2.8.5)$$

2. Mendefinisikan Himpunan *Fuzzy*

Pendefinisian himpunan *fuzzy* untuk himpunan semesta U . Jika U adalah himpunan semesta dimana $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$, maka suatu himpunan *fuzzy* A_i atas U dengan derajat keanggotaannya dinyatakan sebagai berikut:

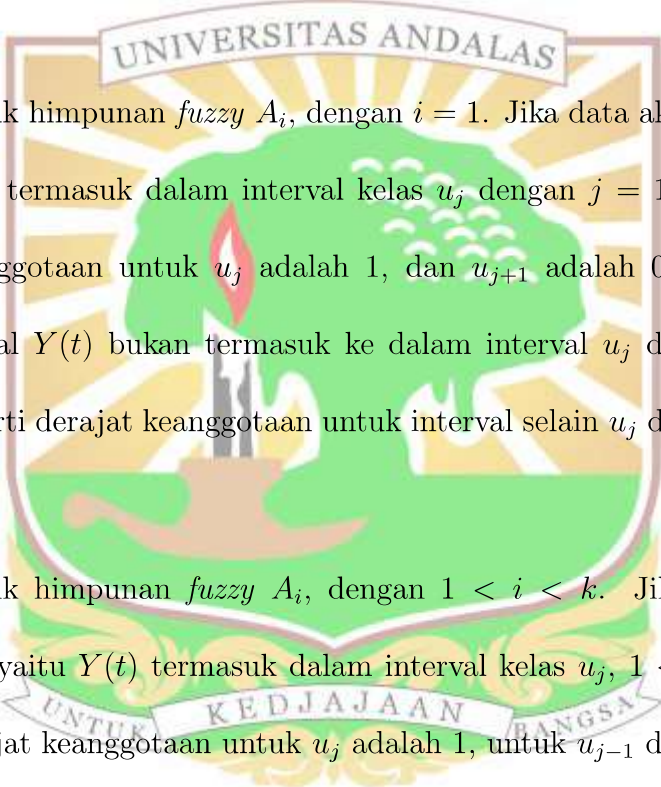
$$A_i = \sum_{j=1}^k \frac{\mu_{A_i}(u_j)}{u_j} \quad (2.8.6)$$

dimana $\mu_{A_i}(u_j)$ merupakan derajat keanggotaan dari u_j terhadap A_i , dengan $i, j = 1, 2, \dots, k$ (k merupakan banyak interval kelas). Berikut fungsi

keanggotaan dari himpunan *fuzzy* A_i didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_{A_i}(u_j) = \begin{cases} 1, & \text{jika } i = j, \\ 0,5, & \text{jika } i = j - 1 \text{ atau } i = j + 1 \\ 0, & \text{lainnya.} \end{cases} \quad (2.8.7)$$

Nilai derajat keanggotaan $\mu_{A_i}(u_j)$ dijelaskan dengan aturan sebagai berikut:

- 
- (a) Untuk himpunan *fuzzy* A_i , dengan $i = 1$. Jika data aktual ke- t yaitu $Y(t)$ termasuk dalam interval kelas u_j dengan $j = 1$ maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, dan u_{j+1} adalah 0,5. Jika data aktual $Y(t)$ bukan termasuk ke dalam interval u_j dan u_{j+1} , maka berarti derajat keanggotaan untuk interval selain u_j dan u_{j+1} adalah 0.
- (b) Untuk himpunan *fuzzy* A_i , dengan $1 < i < k$. Jika data aktual ke- t yaitu $Y(t)$ termasuk dalam interval kelas u_j , $1 < j < k$, maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, untuk u_{j-1} dan u_{j+1} adalah 0,5. Jika data aktual $Y(t)$ bukan termasuk ke dalam interval u_j , u_{j-1} , u_{j+1} berarti derajat keanggotaan untuk interval selain u_j , u_{j-1} , u_{j+1} adalah 0.
- (c) Untuk himpunan *fuzzy* A_i , dengan $i = k$. Jika data aktual $Y(t)$ termasuk dalam interval kelas u_j , dengan $j = k$, maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, dan untuk u_{j-1} adalah 0,5. Jika data aktual $Y(t)$ bukan termasuk ke dalam interval u_j dan u_{j-1} berarti

derajat keanggotaan untuk interval selain u_j dan u_{j-1} adalah 0.

Sehingga berdasarkan aturan diatas, pendefinisian himpunan *fuzzy*

A_1, A_2, \dots, A_k pada himpunan semesta U adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_{(k-1)}} + \frac{0}{u_k} \\
 A_2 &= \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_{(k-1)}} + \frac{0}{u_k} \\
 A_3 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_{(k-1)}} + \frac{0}{u_k} \\
 &\vdots \\
 A_k &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0,5}{u_{(k-1)}} + \frac{1}{u_k} \quad (2.8.8)
 \end{aligned}$$

dimana $u_{j(j=1,2,\dots,k)}$ adalah elemen dari himpunan semesta U , dengan bilangan yang berada diatas tanda ”—” menyatakan derajat keanggotaan u_j terhadap $A_{i(i=1,2,\dots,k)}$ dengan nilai derajat keanggotaannya adalah 0, 0,5 atau 1. Sedangkan tanda ”+” digunakan untuk penghubung seperti tanda ”,” pada umumnya. Sebagai contoh untuk himpunan *fuzzy* A_1 , diketahui bahwa $A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_{(k-1)}} + \frac{0}{u_k}$, maka derajat keanggotaan u_1 Terhadap A_1 adalah 1, untuk u_2 Terhadap A_1 adalah 0,5, untuk u_3 Terhadap A_1 adalah 0, begitu seterusnya untuk A_1, A_2, \dots, A_k .

3. Melakukan Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi bertujuan untuk mengubah variabel numerik menjadi variabel *fuzzy* dengan bentuk interval. Variabel *fuzzy* dapat diartikan sebagai variabel linguistik. Dalam mengubah variabel numerik ke dalam

variabel linguistik dilakukan dengan mengelompokkan data kedalam himpunan *fuzzy* A_i . Misalkan data aktual pertama masuk pada rentang interval u_1 , maka fuzzifikasinya adalah A_1 .

4. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG)

Pada tahap ini akan ditentukan *fuzzy logical relationship* (FLR) atau relasi logika *fuzzy* yang dilambangkan dengan $A_i \rightarrow A_j$. Dimana A_i merupakan sisi kiri atau *current state* dari $F(t-1)$ dan A_j merupakan sisi kanan atau *next state* dari $F(t)$. Misalkan $F(t-1) = A_i$ dan $F(t) = A_j$, maka FLR antara $F(t-1)$ dan $F(t)$ adalah $A_i \rightarrow A_j$. Dalam hal ini FLR bertujuan untuk menghubungkan relasi antar nilai linguistik yang ditentukan berdasarkan fuzzifikasi.

Setelah FLR terbentuk, langkah selanjutnya adalah melakukan pembentukan *fuzzy logical relationship group* (FLRG). FLRG dibentuk berdasarkan hubungan sisi kiri (*current state*) yang bersifat tetap. Misalkan terdapat FLR $A_i \rightarrow A_{j_1}$ dan $A_i \rightarrow A_{j_2}$, maka FLRG yang terbentuk adalah $A_i \rightarrow A_{j_1}, A_{j_2}$. Pembentukan FLRG pada FTS *Singh* dari banyaknya kemunculan FLR yang sama diabaikan.

5. Menentukan Defuzzifikasi

Terdapat beberapa tahapan dalam peramalan dengan metode FTS *Singh*. Sebelumnya akan didefinisikan beberapa notasi yang akan digunakan pada metode FTS *Singh*:

$[*A_j]$ adalah interval yang bersesuaian dengan u_j .

$L[*A_j]$ adalah batas bawah interval u_j .

$U[*A_j]$ adalah batas atas interval u_j .

$I[*A_j]$ adalah lebar interval u_j .

$M[*A_j]$ adalah nilai tengah interval u_j .

Adapun notasi yang digunakan untuk menyatakan suatu relasi logika

fuzzy (FLR) $A_i \rightarrow A_j$:

A_i adalah himpunan *fuzzy* untuk periode ke- $t - 1$.

A_j adalah himpunan *fuzzy* untuk periode ke- t .

E_i adalah data aktual untuk periode ke- $t - 1$.

E_{i-1} adalah data aktual untuk periode ke- $t - 2$.

E_{i-2} adalah data aktual untuk periode ke- $t - 3$.

F_j adalah nilai peramalan untuk periode ke- t .

Berikut ini adalah algoritma peramalan untuk periode t dan seterusnya berdasarkan FTS *Singh*. Misalkan relasi logika *fuzzy* (FLR) untuk periode $t - 1$ ke t adalah $A_i \rightarrow A_j$. Nilai peramalan untuk F_j dapat dihitung dengan menggunakan algoritma berikut.

Untuk $t = 4 \dots T$ dengan T adalah akhir dari data *time series*, maka lakukan langkah-langkah berikut ini:

(a) Hitung nilai D_i , dimana:

$$D_i = || E_i - E_{i-1} | - | E_{i-1} - E_{i-2} || \quad (2.8.9)$$

(b) Setelah diperoleh nilai D_i , langkah selanjutnya adalah menghitung

nilai X_i , XX_i , Y_i , dan YY_i dengan rumus sebagai berikut:

$$X_i = E_i + D_i/2$$

$$XX_i = E_i - D_i/2$$

$$Y_i = E_i + D_i$$

$$YY_i = E_i - D_i, \quad (2.8.10)$$

setelah diperoleh nilai X_i , XX_i , Y_i , dan YY_i kemudian lanjutkan ke langkah (c).

(c) Untuk $I = 1$ sampai 4 lakukan pengkondisian sebagai berikut:

i. Untuk $I = 1$, maka periksa:

jika $X_i \geq L[*A_j]$ dan $X_i \leq U[*A_j]$ maka definisikan $P_1 = X_i, m =$

1. Selain itu definisikan $P_1 = 0, m = 0$.

ii. Untuk I selanjutnya yaitu $I = 2$, maka periksa:

jika $XX_i \geq L[*A_j]$ dan $XX_i \leq U[*A_j]$ maka definisikan $P_2 =$

$XX_i, n = 1$. Selain itu definisikan $P_2 = 0, n = 0$.

iii. Untuk I selanjutnya yaitu $I = 3$, maka periksa:

jika $Y_i \geq L[*A_j]$ dan $Y_i \leq U[*A_j]$ maka definisikan $P_3 = Y_i, p = 1$.

Selain itu definisikan $P_3 = 0, p = 0$.

iv. Untuk I selanjutnya yaitu $I = 4$, maka periksa:

jika $YY_i \geq L[*A_j]$ dan $YY_i \leq U[*A_j]$ maka definisikan $P_4 =$

$YY_i, q = 1$. Selain itu definisikan $P_4 = 0, q = 0$.

(d) Setelah dilakukan pengkondisian dan diperoleh nilai P_1, P_2, P_3 , dan

P_4 , maka tahapan selanjutnya adalah menghitung nilai B dengan

rumus sebagai berikut:

$$B = P_1 + P_2 + P_3 + P_4. \quad (2.8.11)$$

- (e) Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai peramalan F_j berdasarkan nilai B yang diperoleh pada langkah sebelumnya. Nilai peramalan F_j didapatkan dengan cara memeriksa suatu pengkondisian sebagai berikut:

Jika $B = 0$ maka $F_j = M[*A_j]$.

Selain itu maka $F_j = (B + M[*A_j]) / (m + n + p + q + 1)$.

- (f) Ulangi langkah (a) sampai dengan (e) untuk nilai t berikutnya.

2.9 *Fuzzy Time Series Ruey Chyn Tsaur*

Algoritma *Ruey Chyn Tsaur* merupakan penggabungan antara *fuzzy time series* klasik dengan *Markov Chain*. Konsep baru yang dilakukan tahun 2012 untuk menganalisis keakuratan dari perhitungan prediksi pada nilai mata uang Taiwan dengan dolar US [22]. Penggabungan dalam logika ini bertujuan agar mendapatkan probabilitas terbesar dengan menggunakan matriks probabilitas transisi. Adapun langkah-langkah *fuzzy time series* pada metode ini sama dengan metode FTS *Singh* sampai dengan langkah menentukan FLR. Berikut Langkah-langkah dalam metode FTS *Ruey Chyn Tsaur* [17]:

1. Pembentukan Interval Kelas

Interval kelas dibentuk dari himpunan semesta (U) yang didefinisikan seperti Persamaan (2.8.1). Langkah yang harus dilakukan yaitu menen-

tukan banyak interval kelas (k), dengan menggunakan rumus *Sturges* seperti Persamaan (2.8.2).

Kemudian menentukan lebar dari masing-masing interval kelas (l) dengan menggunakan persamaan (2.8.3). Selanjutnya mencari nilai tengah dari interval kelas atau *midpoint* ($m_{i(i=1,2,\dots,k)}$) dengan menggunakan Persamaan (2.8.4).

Sehingga setelah diperoleh banyak interval kelas (k) dan lebar masing-masing interval kelas (l), maka dapat dibentuk interval kelas u_1, u_2, \dots, u_k dengan menggunakan Persamaan (2.8.5).

2. Mendefinisikan Himpunan *Fuzzy*

Pada langkah ini dilakukan pendefinisian himpunan *fuzzy* seperti pada metode FTS *Singh* berdasarkan Persamaan (2.8.6), dengan derajat keanggotaan untuk masing-masing intervalnya didefinisikan berdasarkan Persamaan (2.8.7).

3. Menentukan Fuzzifikasi

Fuzzifikasi bertujuan untuk mengubah variabel numerik menjadi variabel *fuzzy*. Variabel *fuzzy* dapat diartikan sebagai variabel linguistik. Misalkan data aktual pertama masuk pada rentang interval kelas u_1 , maka fuzzifikasinya adalah A_1 .

4. Menentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR) dan *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG)

Fuzzy logical relationship (FLR) atau relasi logika *fuzzy* merupakan

hubungan antara suatu data dengan data selanjutnya dalam bentuk himpunan *fuzzy A*. Jika $F(t - 1) = A_i$ dan $F(t) = A_j$, maka hubungan FLR ditulis dengan $A_i \rightarrow A_j$. Dimana A_i sebagai *current state* atau sisi kiri dan A_j sebagai *next state* atau sisi kanan.

Fuzzy logic relationship group (FLRG) adalah pengelompokan dari FLR yang sama. FLRG dibentuk berdasarkan hubungan dengan sisi kiri atau *current state* yang bersifat tetap dengan menghitung dan melihat banyaknya kemunculan FLR yang sama. Misalkan banyaknya kemunculan FLR dari $A_i \rightarrow (2)A_{j_1}$ dan $A_i \rightarrow (3)A_{j_2}$, maka FLRG yang terbentuk adalah $A_i \rightarrow (2)A_{j_1}, (3)A_{j_2}$.

5. Menghitung Matriks Probabilitas Transisi

Matriks probabilitas transisi dihitung berdasarkan hasil dari FLRG, untuk mendapatkan elemen-elemen dari matriks dihitung menggunakan persamaan probabilitas transisi (P_{ij}) berikut:

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i} \tag{2.9.1}$$

dengan P_{ij} adalah probabilitas transisi dari *state* (keadaan) A_i ke A_j , M_{ij} adalah banyak transisi dari A_i ke A_j , M_i adalah jumlah elemen yang termasuk dalam *state* A_i , dengan $i, j = 1, 2, \dots, k$. Matriks probabilitas transisi adalah matriks $k \times k$ (k banyak interval kelas). Sehingga untuk

matriks probabilitas transisi ditulis sebagai berikut:

$$[P_{ij}]_{k \times k} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1k} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{k1} & P_{k2} & \cdots & P_{kk} \end{bmatrix} \quad (2.9.2)$$

6. Menentukan Defuzzifikasi

(a) Menghitung Peramalan Awal

Menghitung peramalan awal berdasarkan FLR, FLRG dan matriks probabilitas transisi yang telah diperoleh sebelumnya. Perhitungan peramalan awal $F(t)$ dengan $t = 1, 2, 3, \dots, n$ dilakukan dengan cara berikut:

- i. Jika FLRG dari A_i merupakan himpunan kosong ($A_i \rightarrow \emptyset$) maka hasil peramalan $F(t)$ adalah m_i yaitu nilai tengah dari u_i dengan persamaan:

$$F(t) = m_i \quad (2.9.3)$$

- ii. Jika FLRG dari A_i merupakan himpunan *one to one* ($A_i \rightarrow A_j$), dengan $j = 1, 2, \dots, k$ dan $P_{ij} = 1$ maka hasil peramalan $F(t)$ adalah m_j yaitu nilai tengah dari u_j dengan persamaan:

$$F(t) = m_j P_{ij} = m_j \quad (2.9.4)$$

- iii. Jika FLRG dari A_i merupakan himpunan *one to many* ($A_i \rightarrow A_1, A_2, A_3, \dots, A_k$) dengan $Y(t-1)$ adalah data aktual dari ($t -$

1), maka hasil peramalan dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F(t) = m_1 P_{i1} + m_2 P_{i2} + \dots + m_{i-1} P_{i(i-1)} + Y(t-1) P_{ii} + m_{i+1} P_{i(i+1)} + \dots + m_k P_{ik} \quad (2.9.5)$$

(b) Menyesuaikan Kecenderungan Nilai Peramalan

Penyesuaian kecenderungan nilai peramalan ini bertujuan untuk mengurangi besarnya penyimpangan untuk hasil peramalan nantinya, langkah ini dilakukan berdasarkan syarat berikut:

- i. Jika FLR A_i berelasi dengan A_j ($A_i \rightarrow A_j$), dengan state $F(t-1) = A_i$ dan membuat transisi naik ke state $F(t) = A_j$, dimana ($i < j$) maka nilai kecenderungan peramalan yaitu

$$D = \frac{l \times s}{2} \quad (2.9.6)$$

dengan l adalah lebar interval kelas dan s adalah banyaknya transisi naik

- ii. Jika FLR A_i berelasi dengan A_j ($A_i \rightarrow A_j$), dengan state $F(t-1) = A_i$ dan membuat transisi mundur ke state $F(t) = A_j$, dimana ($i > j$) maka nilai kecenderungan peramalan yaitu

$$D = -\frac{l \times r}{2} \quad (2.9.7)$$

dengan l adalah lebar interval kelas dan r adalah banyaknya transisi mundur

- iii. Jika FLR A_i berelasi dengan A_j ($A_i \rightarrow A_j$) dimana $i = j$, maka nilai kecenderungan peramalan yaitu

$$D = 0 \quad (2.9.8)$$

(c) Menghitung Hasil Peramalan Akhir

Peramalan hasil akhir didapatkan dari proses penggabungan *fuzzy time series* dan *markov chain* dilakukan dengan perhitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$F'(t) = F(t) + D \quad (2.9.9)$$

dengan $F'(t)$ adalah hasil peramalan akhir, $F(t)$ adalah hasil peramalan awal dan D adalah nilai kecenderungan peramalan.

2.10 Akurasi Peramalan

Akurasi peramalan bertujuan untuk menghasilkan ramalan optimum yang tidak memiliki tingkat kesalahan besar. Jika tingkat kesalahan yang dihasilkan semakin kecil, maka hasil peramalan semakin mendekati nilai aktual. Misalkan $Y(t)$ adalah data aktual ke- t , $F(t)$ adalah data ramalan ke- t , dan n adalah banyaknya data pengamatan. Ukuran statistik standar berikut dapat digunakan untuk mengestimasi akurasi peramalan yang dihasilkan[10]:

1. Nilai tengah galat persentase absolut (*Mean Absolute Percentage Error* (MAPE))

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y(t) - F(t)}{Y(t)} \right| \times 100\% \quad (2.10.1)$$

akurasi peramalan sangat baik jika memiliki nilai MAPE < 10% dan mempunyai akurasi peramalan yang baik jika nilai MAPE < 20%.

2. Akar nilai tengah galat kuadrat (*Root Mean Squared Error* (RMSE))

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n [Y(t) - F(t)]^2}, \quad (2.10.2)$$

jika semakin kecil nilai RMSE yang dihasilkan dari suatu nilai peramalan, maka akan semakin akurat nilai peramalan yang dihasilkan.

3. Nilai tengah galat absolut (*Mean Absolute Error* (MAE))

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y(t) - F(t)| \quad (2.10.3)$$

semakin kecil nilai MAE dari suatu hasil peramalan, maka akan semakin akurat peramalan yang diperoleh tersebut.

