

**PERBANDINGAN METODE STURGES DAN *AVERAGE-BASED* PADA
ANALISIS *FUZZY TIME SERIES* CHENG UNTUK PERAMALAN DATA
DERET WAKTU**

(Skripsi)

Oleh

REDI



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

PERBANDINGAN METODE STURGES DAN *AVERAGE-BASED* PADA ANALISIS *FUZZY TIME SERIES* CHENG UNTUK PERAMALAN DATA DERET WAKTU

Oleh

REDI

Salah satu metode peramalan data deret waktu yang sedang berkembang saat ini adalah *Fuzzy Time Series*. Perkembangan tersebut meliputi banyaknya algoritma-algoritma dalam *fuzzy time series* dan diantaranya adalah algoritma Cheng atau yang lebih dikenal dengan *Fuzzy Time Series* Cheng. Proses terpenting dalam metode ini adalah membagi data dalam interval-interval. Pada penelitian ini, metode yang digunakan dalam menentukan banyaknya interval adalah Sturges dan *Average-Based*. Metode *average-based* menghasilkan kelas interval yang lebih banyak dibandingkan metode Sturges. Akibatnya, metode *average-based* memiliki nilai keakuratan peramalan yang lebih baik dibandingkan metode Sturges pada analisis *fuzzy time series* Cheng.

Kata Kunci : *Average-Based*, *Fuzzy Time Series* Cheng, Sturges.

ABSTRACT

A COMPARISON OF STURGES AND AVERAGE-BASED METHODS IN CHENG FUZZY TIME SERIES ANALYSIS FOR TIME SERIES DATA FORECASTING

By

REDI

One of the developing methods for data forecasting is Fuzzy Time Series analysis. This developments include the number of algorithms in the fuzzy time series and among them is the Cheng algorithm or better known as Cheng Fuzzy Time Series. The most important process in this method is to partition the data in intervals. In this research, the methods used in determining the number of intervals are Sturges and Average-Based methods. The average-based method produces more interval classes than the Sturges method. As a result, the average-based method had a better forecasting accuracy value than the Sturges method in the fuzzy time series Cheng analysis.

Key Words : Average-Based, Fuzzy Time Series Cheng, Sturges.

**PERBANDINGAN METODE STURGES DAN *AVERAGE-BASED* PADA
ANALISIS *FUZZY TIME SERIES* CHENG UNTUK PERAMALAN DATA
DERET WAKTU**

Oleh

REDI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

**Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **PERBANDINGAN METODE STURGES DAN
AVERAGE-BASED PADA ANALISIS FUZZY TIME
SERIES CHENG UNTUK PERAMALAN DATA
DERET WAKTU**

Nama Mahasiswa : *Redi*

No. Pokok Mahasiswa : 1417031099

Jurusan : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



[Signature]
Drs. Nusyirwan, M.Si.
NIP 19661010 199205 1 001

[Signature]
Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si.
NIP 19740726 200003 2 001

2. Ketua Jurusan Matematika

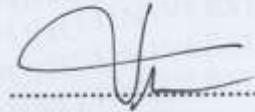
[Signature]

Prof. Dra. Wamiliana, M.A., Ph.D.
NIP 19631108 198902 2 001

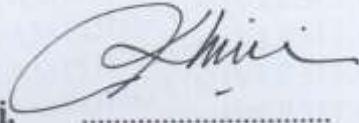
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

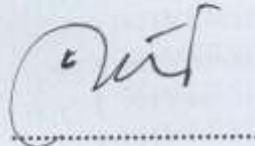
Ketua : **Drs. Nusyirwan, M.Si.**



Sekretaris : **Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si.**



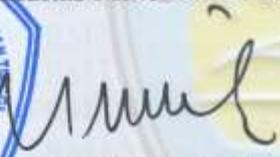
Penguji
Bukan Pembimbing : **Drs. Eri Setiawan, M.Si.**



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.
NIP. 19710212 199512 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **18 April 2018**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Redi**
Nomor Pokok Mahasiswa : **1417031099**
Judul : **Perbandingan Metode Sturges dan
Average-Based pada Analisis *Fuzzy Time Series*
Cheng untuk Peramalan Data Deret Waktu**
Jurusan : **Matematika**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, bukan hasil orang lain, dan semua hasil tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 18 April 2018

Penulis



Redi
NPM. 1417031099

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Redi, dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 13 Desember 1995, dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Romelan dan Ibu Semi.

Penulis menempuh pendidikan di Raudhatul Athfal Hidayatul Islamiyah tahun 2000-2001, Sekolah Dasar Negeri 1 Sumber Agung tahun 2002-2008, pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 13 Bandar Lampung tahun 2008-2011, pendidikan menengah atas di SMA Negeri 14 Bandar Lampung tahun 2011-2014. Pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi S1 Matematika Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung Bandar Lampung melalui jalur SBMPTN.

Penulis menjadi anggota Biro Dana dan Usaha periode 2015-2016 dan menjadi Kepala Biro Dana dan Usaha 2016 di HIMATIKA FMIPA Universitas Lampung. Pada bulan Januari – Februari 2017 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung. Pada bulan Juli – Agustus 2017 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Hatta, Kecamatan Bakauheni, Kabupaten Lampung Selatan .

KATA INSPIRASI

“Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan”

(Q. S. Ar-Rahman : 13)

“Dan sesungguhnya telah Kami mudahkan AL-Qur’an untuk pelajaran, maka adakah orang yang mengambil pelajaran”

(Q. S. Al-Qamar : 17)

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya....”

(Q. S. Al-Baqarah : 286)

“Kalau anda dititipkan masalah sebesar apapun, itu artinya Allah percaya kepada kita, karena persoalan itu hanya mampu kita yang tuntaskan, orang lain tidak sanggup.”

(Ust. Adi Hidayat, LC., MA)

PERSEMBAHAN

*Dengan mengucapkan syukur, Alhamdulillahirabbil'alamiin
Kupersembahkan karya kecilku ini untuk :*

*Ayah, Ibu, dan adikku yang tak henti-hentinya mendukung
dan mendoakanku.*

*Terimakasih untuk segalanya, entah butuh waktu berapa
lama lagi agar aku bisa membalasnya.*

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, hidayah, serta kasih sayang-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbandingan Metode Sturges dan *Average-Based* pada Analisis *Fuzzy Time Series* Cheng untuk Peramalan Data Deret Waktu” ini. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Sehingga dengan segala kerendahan dan ketulusan hati Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Drs. Nusyirwan, M. Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan serta saran dan kesedian waktu selama penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Khoirin Nisa, S. Si., M. Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, serta saran selama penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Eris Setiawan, M. Si. selaku Dosen penguji yang telah banyak membantu dalam mengevaluasi serta mengarahkan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

4. Ibu Dr. Notiragayu, M. Si. selaku Pembimbing Akademik yang mengarahkan dan memotivasi selama proses perkuliahan.
5. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, M. A., Ph. D selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Prof. Warsito, S. Si., D.E.A., Ph. D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Seluruh Dosen dan Staff Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung.
8. Ayah, Ibu, dan Adikku yang senantiasa selalu mendukung, mendo'akan serta memberi semangat kepada penulis.
9. Teman-temanku Rama, Alvin, Aldo, Raka, Abror, Rahmad, Arif, Zhofar, Arisca, Fathur, Kodir, Fadhil, Kiki, Amanda, Dea, dan Indah yang selalu memberi semangat dan keceriaan serta motivasi.
10. Teman-teman seperjuangan, Matematika angkatan 2014.
11. Keluarga besar HIMATIKA FMIPA Unila khususnya Biro Dana dan Usaha Periode 2015/2016 dan Periode 2016.
12. Tim KKN Desa Hatta, Adon, Wili, Vina, dan Ferita.
13. Alamamater Universitas Lampung dan semua pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Bandar Lampung, April 2018
Penulis

Redi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Deret Waktu	4
2.2 Peramalan	4
2.3 Logika <i>Fuzzy</i>	5
2.4 <i>Fuzzy Time Series</i>	7
2.5 <i>Fuzzy Time Series</i> Algoritma Cheng	9
2.6 <i>Average-Based</i>	11
2.7 Kriteria Keباikan Model	
2.7.1 <i>Mean Absolute Deviation</i> (MAD)	12
2.7.2 <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE).....	13
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Data Penelitian	14
3.3 Metode Penelitian.....	14
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Menentukan Semesta Pembicaraan U	19
4.2 Penggunaan Metode Sturges Pada Analisis <i>Fuzzy Time Series</i> Cheng	
4.2.1 Menentukan Banyaknya Interval.....	19
4.2.2 Menentukan Himpunan <i>Fuzzy</i> dan Fuzzifikasi Data..	22

4.2.3	Menentukan <i>Fuzzy Logic Relations</i> (FLR)	23
4.2.4	Menentukan <i>Fuzzy Logical Relationship Groups</i> (FLRG)	24
4.2.5	Melakukan Defuzzifikasi Data	25
4.2.6	Menghitung Nilai Galat Peramalan	27
4.3	Penggunaan Metode <i>Average-Based</i> Pada Analisis <i>Fuzzy Time Series</i> Cheng	
4.3.1	Menentukan Banyaknya Interval.....	27
4.3.2	Menentukan Himpunan <i>Fuzzy</i> dan Fuzzifikasi Data..	31
4.3.3	Menentukan <i>Fuzzy Logic Relations</i> (FLR)	32
4.3.4	Menentukan <i>Fuzzy Logical Relationship Groups</i> (FLRG)	32
4.3.5	Melakukan Defuzzifikasi Data	33
4.3.6	Menghitung Nilai Galat Peramalan	35
4.4	Membandingkan Metode Sturges dan <i>Average-Based</i> Pada Analisis <i>Fuzzy Time Series</i> Cheng	
4.4.1	Perbandingan Banyaknya Interval.....	36
4.4.2	Perbandingan Plot Data	36
4.4.3	Perbandingan Nilai Galat Peramalan	38
4.4	Melakukan Peramalan Adaptif.....	39

V. KESIMPULAN

5.1	Kesimpulan.....	40
5.2	Saran.....	40

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tabel Basis Interval	12
2. Kurs Beli Rupiah Terhadap Dollar Amerika	18
3. Interval Linguistik	21
4. Frekuensi Data Pada Setiap Interval Linguistik	21
5. Frekuensi Data Pada Setiap Interval Linguistik Setelah Pembagian.....	22
6. Fuzzifikasi Pada <i>Fuzzy Time Series</i> Cheng	23
7. FLR Pada <i>Fuzzy Time Series</i> Cheng.....	24
8. FLRG Pada <i>Fuzzy Time Series</i> Cheng.....	24
9. Defuzzifikasi Pada <i>Fuzzy Time Series</i> Cheng	25
10. Peramalan Menggunakan <i>Fuzzy Time Series</i> Cheng	26
11. Selisih Nilai Mutlak Antara D_t dan D_{t+1}	28
12. Fuzzifikasi Pada <i>Average-Based Fuzzy Time Series</i> Cheng.....	32
13. FLR Pada <i>Average-Based Fuzzy Time Series</i> Cheng	32
14. FLRG Pada <i>Average-Based Fuzzy Time Series</i> Cheng	33
15. Defuzzifikasi Pada <i>Average-Based Fuzzy Time Series</i> Cheng	34
16. Peramalan Menggunakan <i>Average-Based Fuzzy Time Series</i> Cheng.....	34
17. Perbandingan Nilai Galat Peramalan.....	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sistematika logika <i>fuzzy</i>	5
2. Plot data aktual dan hasil peramalan <i>fuzzy time series</i> Cheng.....	37
3. Plot data aktual dan hasil peramalan <i>average-based fuzzy time series</i> Cheng.....	37

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Data deret waktu adalah sekumpulan data berupa angka yang didapat dalam suatu periode waktu tertentu. Data deret waktu biasanya digunakan untuk meramalakan atau memprediksi periode selanjutnya yang kemudian digunakan untuk mengambil keputusan yang berkenaan dengan hasil peramalan tersebut.

Peramalan sangat penting karena diperlukan dalam proses pengambilan keputusan. Dengan dilakukan peramalan akan memberikan dasar yang lebih baik bagi perencanaan dan pengambilan keputusan.

Perkembangan metode peramalan dengan data deret waktu yang cukup pesat menjadikan banyaknya pilihan metode yang dapat digunakan untuk meramalkan data sesuai dengan kebutuhan, sesuai pola data yang terbentuk dari suatu data.

Metode peramalan yang tengah berkembang saat ini adalah *Fuzzy Time Series*. *Fuzzy Time Series* pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom (1994) dimana metode ini menggunakan konsep himpunan *fuzzy*.

Salah satu langkah dalam proses peramalan *fuzzy time series* adalah membagi data dalam interval-interval. Cara yang digunakan dalam menentukan banyaknya interval-interval tersebut adalah menggunakan formula Sturges.

Xihao dan Yimin (2008) mengajukan metode dalam menentukan banyaknya interval yaitu dengan metode *Average-Based* yang kemudian diterapkan pada metode *Fuzzy Time Series*.

Cheng dkk (2008) mengembangkan algoritma dalam proses peramalan *fuzzy time series* dengan melakukan pembobotan. Metode ini kemudian dikenal dengan *Fuzzy Time Series Cheng*. Adanya faktor pembobotan mengakibatkan metode *Fuzzy Time Series Cheng* memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan *Fuzzy Time Series* dimana tidak adanya pembobotan. Tetapi, pada *Fuzzy Time Series Cheng* ini, metode yang digunakan dalam penentuan banyaknya interval masih menggunakan formula Sturges.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk menerapkan metode *Average-Based* pada analisis *Fuzzy Time Series Cheng* dan membandingkannya dengan penggunaan formula Sturges dalam *Fuzzy Time Series Cheng*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji penentuan banyaknya interval pada *Fuzzy Time Series Cheng* menggunakan metode Sturges dan *Average-Based*.
2. Memilih metode penentuan banyaknya interval terbaik antara Sturges dan *Average-Based* pada analisis *Fuzzy Time Series Cheng*.
3. Melakukan peramalan dengan metode terbaik.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menambah pengetahuan tentang pengaplikasian logika *fuzzy* untuk peramalan data deret waktu melalui *Fuzzy Time Series*.
2. Mengembangkan wawasan tentang metode peramalan data deret waktu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Deret Waktu

Deret waktu didefinisikan sebagai sebuah himpunan dari observasi kuantitatif yang diatur dalam tahapan urutan waktu. Asumsi secara umum bahwa waktu adalah sebuah variabel diskrit. Deret waktu selalu digunakan dalam bidang ekonometrika.

Analisis deret waktu membantu untuk mendapatkan aturan-aturan dalam variabel observasi dan mendapatkan 'hukum-hukum', dan atau memanfaatkan semua informasi yang terdapat dalam variabel-variabel tersebut untuk membangun prediksi masa depan yang terbaik (Kirchgässner dkk, 2013).

2.2 Peramalan

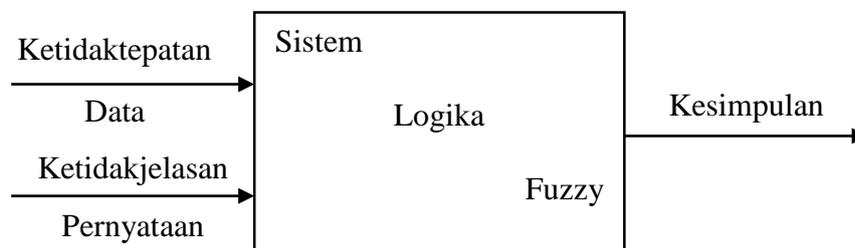
Peramalan adalah suatu prediksi dari beberapa kejadian atau banyak kejadian.

Peramalan adalah suatu masalah penting yang mencakup bidang sains, kesehatan, ilmu sosial, politik, dan keuangan. Masalah peramalan sering diklasifikasikan dalam jangka pendek, menengah, dan panjang. Peramalan jangka pendek melibatkan prediksi kejadian-kejadian yang hanya periode waktu sedikit (hari, minggu, bulan) ke masa yang akan datang. Peramalan jangka menengah lebih luas menjadi satu

sampai dua tahun ke masa yang akan datang, dan permalan jangka panjang dapat diperluas hingga bertahun-tahun (Montgomery dkk, 2008).

2.3 Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Lotfi Zadeh, dan merupakan alat matematika untuk menyelesaikan masalah ketidakpastian. Teori *fuzzy* menyediakan langkah-langkah untuk mewakili konsep linguistik seperti “banyak”, “rendah”, “medium”, “sering”, “sedikit”. Secara umum, logika *fuzzy* memberikan struktur kesimpulan yang memungkinkan kemampuan sesuai penalaran manusia. Teori logika *fuzzy* didasarkan atas konsep derajat keanggotaan relatif. Manfaat dari himpunan *fuzzy* terletak pada kemampuannya untuk memodelkan ketidakpastian dan ketidakjelasan (Sivanandam dkk, 2007).



Gambar 1. Sistematika logika *fuzzy*

Menurut Kusumadewi & Purnomo (2010), himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi tertentu dalam satu variabel *fuzzy*. Misalnya variabel umur terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu: muda, parobaya, dan tua. Himpunan *fuzzy* merupakan generalisasi dari himpunan klasik (*crisp*) yang memiliki nilai keanggotaan yang dibatasi dengan interval $[0, 1]$.

Sedangkan himpunan klasik hanya mempunyai dua kemungkinan nilai keanggotaan, yaitu 0 atau 1. Pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1, yang berarti himpunan *fuzzy* dapat menjelaskan setiap nilai berdasarkan pendapat atau keputusan. Nilai 0 menunjukkan salah dan nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah.

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 temperatur yaitu dingin, normal, dan panas.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti 40, 25, dan 50.

Pada himpunan *fuzzy* terdapat semesta pembicaraan yang merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh semesta pembicaraan untuk variabel temperature $[0, 40]$. Dalam semesta pembicaraan terdapat domain himpunan *fuzzy* yang merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Contoh domain himpunan *fuzzy* untuk variabel temperatur adalah :

- a. Dingin : $[0, 20]$.
- b. Normal : $[20, 30]$.
- c. Panas : $[30, 40]$.

2.4 Fuzzy Time Series

Fuzzy Time Series (FTS) pertama kali dikembangkan oleh Song dan Chissom (1993) untuk meramalkan jumlah pendaftar di suatu universitas. *Fuzzy Time Series* (FTS) adalah metode peramalan data yang menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* sebagai dasarnya. Sistem peramalan dengan *Fuzzy Time Series* menangkap pola dari data yang telah lalu kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang. Metode ini digunakan oleh para peneliti untuk menyelesaikan masalah peramalan. Hal yang membedakan antara *Fuzzy Time Series* dengan *time series* konvensional adalah nilai-nilai yang digunakan dalam peramalan merupakan himpunan *fuzzy* dari bilangan-bilangan real atas himpunan semesta yang ditentukan. Secara kasar himpunan *fuzzy* dapat diartikan sebagai suatu kelas bilangan dengan batasan samar.

Konsep-konsep dasar dalam metode peramalan *fuzzy time series* adalah sebagai berikut :

Definisi 1. Misal $(t) (t = \dots, 0, 1, 2, \dots)$, adalah himpunan bagian dari \mathbb{R} , menjadi semesta pembicaraan yang mana himpunan *fuzzy* $f_i(t) (i = 1, 2, \dots)$ yang telah didefinisikan dan $F(t)$ adalah kumpulan dari $f_i(t) (i = 1, 2, \dots)$. Maka $F(t)$ disebut *fuzzy time series* pada $(t) (t = \dots, 0, 1, 2, \dots)$.

Definisi 2. Jika untuk semua $f_j(t) \in F(t)$ dimana $j \in J$, ada

$f_i(t - 1) \in F(t - 1)$ dimana $i \in I$ sedemikian sehingga ada *fuzzy relation* $R_{ij}(t, t - 1)$ dan $f_j(t) = f_i(t - 1) \circ R_{ij}(t, t - 1)$ dimana ‘ \circ ’ adalah komposisi *max-min*, maka $F(t)$ hanya disebabkan oleh $F(t - 1)$. Dinotasikan sebagai

berikut :

$$f_i(t - 1) \rightarrow f_i(t) \quad (2.1)$$

atau ekuivalen dengan

$$F(t - 1) \rightarrow F(t).$$

Definisi 3. Jika untuk semua $f_j(t) \in F(t)$ dimana $j \in J$ ada $f_i(t - 1) \in F(t - 1)$

dimana $i \in I$ dan *fuzzy relation* $R_{ij}(t, t - 1)$ sedemikian sehingga

$$f_j(t) = f_i(t - 1) \circ R_{ij}(t, t - 1), \text{ misal } R(t, t - 1) = \cup_{i,j} R_{ij}(t, t - 1) \text{ dimana}$$

‘ \cup ’ adalah operator gabungan. Maka $R(t, t - 1)$ disebut *fuzzy relation* antara

$F(t)$ dan $F(t - 1)$ dan ini didefinisikan dengan persamaan *fuzzy relational*

sebagai berikut :

$$F(t) = F(t - 1) \circ R_{ij}(t, t - 1). \quad (2.2)$$

Definisi 4. Andaikan $F(t)$ adalah *fuzzy time series* ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$) dan $t_1 \neq$

t_2 . Jika untuk semua $f_i(t_1) \in F(t_1)$ ada $f_j(t_2) \in F(t_2)$ sedemikian sehingga

$$f_i(t_1) = f_j(t_2) \text{ dan sebaliknya, maka didefinisikan } F(t_1) = F(t_2).$$

Definisi 5. Andaikan $R_1(t, t - 1) = \cup_{i,j} R_{ij}(t, t - 1)$ dan $R_2(t, t - 1) =$

$\cup_{i,j} R_{ij}^2(t, t - 1)$ adalah dua *fuzzy relation* antara $F(t)$ dan $F(t - 1)$. Jika untuk

semua $f_j(t) \in F(t)$ dimana $j \in J$ ada $f_i(t - 1) \in F(t - 1)$ dimana $i \in I$ dan

fuzzy relations $R_{ij}(t, t - 1)$ dan $R_{ij}^2(t, t - 1)$ sedemikian sehingga

$$f_j(t) = f_i(t - 1) \circ R_{ij}(t, t - 1) \text{ dan } f_j(t) = f_i(t - 1) \circ R_{ij}^2(t, t - 1), \text{ maka}$$

didefinisikan $R_1(t, t - 1) = R_2(t, t - 1)$.

2.5 Fuzzy Time Series Cheng

Cheng dkk (2008) mengajukan sebuah algoritma dalam peramalan *fuzzy time series*. Brata (2014) telah mengembangkan langkah-langkah dalam algoritma Cheng. Adapun langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut :

Langkah 1. Pembentukan himpunan semesta (U)

$U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2]$, dengan D_1 dan D_2 adalah nilai konstanta.

Langkah 2. Menentukan interval

Membagi himpunan semesta menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama.

Untuk mengetahui banyak interval dapat menggunakan rumus Sturges berikut :

$$1 + 3,322 \log_{10} (n) \quad (2.3)$$

dengan n adalah jumlah data observasi.

Sehingga membentuk nilai linguistik untuk memrepresentasikan suatu himpunan *fuzzy* pada interval-interval yang terbentuk dari himpunan semesta (U)

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$$

Keterangan :

U : himpunan semesta

u_i : besarnya jarak pada U , untuk $i = 1, 2, \dots, n$.

Himpunan *fuzzy* adalah sebuah kelas atau golongan dari objek dengan sebuah rangkaian kesatuan dari derajat keanggotaan. Misalkan U adalah himpunan semesta, dengan $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ yang mana u_i adalah nilai yang mungkin dari U , maka variabel linguistik A_i terhadap U dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_{A_i}(u_2)}{u_2} + \frac{\mu_{A_i}(u_3)}{u_3} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_m)}{u_m} \quad (2.4)$$

μ_{A_i} adalah fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* A_i sedemikian sehingga

$\mu_{A_i} : U \rightarrow [0, 1]$. Jika u_i adalah keanggotaan dari A_i maka $\mu_{A_i}(u_i)$ adalah derajat keanggotaan u_i terhadap A_i .

Langkah 3. Menentukan *Fuzzy Logic Relations* (FLR)

Dua himpunan *fuzzy* yang berurutan $A_i(t - 1)$ dan $A_j(t)$ dapat ditetapkan ke dalam *Fuzzy Logic Relations* (FLR) sebagai $A_i \rightarrow A_j$.

Langkah 4. Menentukan *Fuzzy Logic Relations Group* (FLRG)

Contoh jika FLR berbentuk $A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_3, A_1 \rightarrow A_1$, FLRG yang terbentuk adalah $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_3$.

Langkah 5. Menetapkan pembobotan.

Menetapkan bobot pada FLRG. Misal terdapat suatu urutan FLR yang sama.

($t = 1$) $A_i \rightarrow A_i$, diberikan bobot 1.

($t = 2$) $A_j \rightarrow A_i$, diberikan bobot 1.

($t = 3$) $A_i \rightarrow A_i$, diberikan bobot 2.

($t = 4$) $A_i \rightarrow A_i$, diberikan bobot 3

($t = 5$) $A_i \rightarrow A_i$, diberikan bobot 4.

dengan t menyatakan waktu.

Langkah 6. Pembentukan pembobotan dinormalisasi

Melakukan transfer bobot ke dalam matriks pembobotan yang telah dinormalisasi

($W_n(t)$) yang persamaannya ditulis sebagai berikut :

$$W(t) = [W'_1, W'_2, \dots, W'_j] = \left[\frac{W_1}{\sum_{k=1}^i W_k}, \frac{W_2}{\sum_{k=1}^i W_k}, \dots, \frac{W_k}{\sum_{k=1}^i W_k} \right] \quad (2.5)$$

Langkah 7. Menghitung nilai peramalan

Menghitung nilai ramalan yang sesuai dengan persamaan berikut:

$$F(t) = L_{df}(t - 1) \cdot W_n(t - 1) \quad (2.6)$$

dimana $L_{df}(t - 1)$ adalah matriks *defuzzy*, $L_{df} = [m_1, m_2, \dots, m_k]$ dimana m_k adalah nilai tengah dari tiap-tiap interval dan matriks $W_n(t - 1)$ pembobot.

Langkah 8. Gunakan persamaan peramalan adaptif untuk menghasilkan

peramalan yang meyakinkan. Persamaan peramalan adaptif didefinisikan :

$$\text{Peramalan adaptif } (t) = P(t - 1) + h * (F(t) - P(t - 1)) \quad (2.7)$$

dimana $P(t - 1)$ nilai aktual pada periode $t - 1$, $F(t)$ adalah nilai peramalan yang berasal dari persamaan (2.6), Peramalan adaptif (t) adalah hasil modifikasi peramalan pada waktu (t) dan h adalah parameter pembobotan dengan nilai berkisar 0,001-1 (Tauryawati & Irawan, 2014).

2.6 Metode *Average-Based*

Xihao & Yimin (2008) mengajukan metode dalam menentukan panjang interval pada peramalan menggunakan *fuzzy time series*. Metode yang diajukan yaitu *Average Based*. Langkah-langkah dalam *average based* adalah sebagai berikut :

1. Menghitung semua selisih nilai mutlak antara D_{t+1} dan D_{t+1} ($t = 1, \dots, n - 1$) dan menghitung rata-rata selisih nilai mutlak.
2. Menentukan setengah dari rata-rata selisih nilai mutlak yang diperoleh dari langkah pertama untuk dijadikan sebagai panjang interval.
3. Berdasarkan panjang interval yang diperoleh dari langkah kedua, ditentukan basis dari panjang interval sementara sesuai dengan tabulasi basis berikut :

Tabel 1. Tabel Basis Interval

Jangkauan	Basis
0,1 – 1	0,1
1,1 – 10	1
11 – 100	10
101 – 1000	100

4. Panjang interval kemudian dibulatkan sesuai dengan tabel basis interval.

2.7 Kriteria Keباikan Model

Menurut Makridakis dkk (1999) dalam melakukan peramalan ada beberapa metode yang digunakan untuk mencari ramalannya. Sebuah model dengan galat peramalan terkecil tentunya akan dipilih untuk melakukan prediksi dimasa mendatang. Besarnya galat tersebut dapat dihitung melalui ukuran galat peramalan sebagai berikut :

2.7.1 Mean Absolute Deviation (MAD)

Simpangan rata-rata MAD mengukur akurasi peramalan dengan meratakan nilai mutlak galat peramalan. Nilai galat diukur dalam unit yang sama seperti pada data aktualnya.

$$MAD = \frac{1}{n} (|Y_1 - \hat{Y}_1| + |Y_2 - \hat{Y}_2| + |Y_3 - \hat{Y}_3| \cdots + |Y_n - \hat{Y}_n|)$$

$$MAD = \frac{1}{n} \left(\sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t| \right) \quad (2.8)$$

dengan :

n = banyaknya data yang diamati

\hat{Y}_t = peramalan ke- t

Y_t = data ke- t

2.7.2 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE digunakan untuk melakukan perhitungan perbedaan antara data actual dan data hasil peramalan. Perbedaan tersebut dimutlakkan, kemudian dihitung ke dalam bentuk presentase terhadap data aktual. Hasil presentase tersebut kemudian didapatkan nilai rata-ratanya. Suatu model mempunyai kinerja sangat baik jika nilai MAPE berada di bawah 10%, dan mempunyai kinerja baik jika MAPE berada diantara 10% dan 20%. Adapun persamaan untuk menghitung MAPE yaitu :

$$MAPE = \frac{1}{n} \left(\left| \frac{Y_1 - \hat{Y}_1}{Y_1} \right| + \left| \frac{Y_2 - \hat{Y}_2}{Y_2} \right| + \left| \frac{Y_3 - \hat{Y}_3}{Y_3} \right| + \dots + \left| \frac{Y_n - \hat{Y}_n}{Y_n} \right| \right) \times 100$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \left(\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100 \right) \quad (2.9)$$

dengan :

n = banyaknya data yang diamati

\hat{Y}_t = peramalan ke- t

Y_t = data ke- t

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun akademik 2017/2018 di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kurs beli nilai mata uang Rupiah terhadap Dollar Amerika periode 04 September – 31 Oktober 2017. Data tersebut merupakan data sekunder yang diperoleh dari Bank Indonesia (BI).

3.3 Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

A. Menentukan *universe of discourse* (semesta pembicaraan) U

$U = [D_{min} - D_1, D_{maks} + D_2]$, diman D_1 dan D_2 adalah konstanta.

B. Penggunaan Metode Sturges Pada Analisis *Fuzzy Time Series* Cheng

Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Membagi U menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama dengan menggunakan formula Sturges $k = 1 + 3,322 \log N$ dengan k banyaknya kelas interval yang dapat dibentuk dan N jumlah data yang diamati.
2. Menentukan himpunan *fuzzy* pada U dan melakukan fuzzifikasi pada data historis yang diamati.
3. Menetapkan *Fuzzy Logic Relations* (FLR) berdasarkan data historis.
4. Menetapkan *Fuzzy Logic Relations Group* (FLRG) yaitu dengan memasukan semua hubungan yang telah diperoleh dari tahap ke-4 ke dalam kelompok-kelompok *Left Hand Side* (LHS) serta menetapkan bobot pada FLRG. Misal terdapat suatu urutan FLR yang sama.

$(t = 1) A_i \rightarrow A_i$, diberikan bobot 1.

$(t = 2) A_j \rightarrow A_i$, diberikan bobot 1.

$(t = 3) A_i \rightarrow A_i$, diberikan bobot 2.

$(t = 4) A_i \rightarrow A_i$, diberikan bobot 3

$(t = 5) A_i \rightarrow A_i$, diberikan bobot 4.

dengan t menyatakan waktu.

5. Menghitung hasil peramalan atau defuzzifikasi.
6. Menghitung nilai galat peramalan menggunakan MAD dan MAPE

C. Penggunaan Metode *Average-Based* Pada Analisis *Fuzzy Time Series* Cheng

Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Membagi U menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama dengan menggunakan *average-based* dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Menghitung semua selisih nilai mutlak antara D_t dan D_{t+1} ($t = 1, \dots, n - 1$) dan menghitung rata-rata selisih nilai mutlak.
 - b. Menentukan setengah dari rata-rata selisih nilai mutlak yang diperoleh dari langkah pertama untuk dijadikan sebagai panjang interval.
 - c. Berdasarkan panjang interval yang diperoleh dari langkah 2(b), kemudian menentukan basis dari panjang interval sementara sesuai dengan tabulasi basis.
 - d. Panjang interval kemudian dibulatkan sesuai dengan tabel basis interval.
2. Menentukan himpunan *fuzzy* pada U dan melakukan fuzzifikasi pada data historis yang diamati.
3. Menetapkan *Fuzzy Logic Relations* (FLR) berdasarkan data historis.
4. Menetapkan *Fuzzy Logic Relations Group* (FLRG) yaitu dengan memasukan semua hubungan yang telah diperoleh dari tahap ke-4 ke dalam kelompok-kelompok *Left Hand Side* (LHS) serta menetapkan bobot pada FLRG. Misal terdapat suatu urutan FLR yang sama.

$(t = 1) A_i \rightarrow A_i$, diberikan bobot 1.

$(t = 2) A_j \rightarrow A_i$, diberikan bobot 1.

$(t = 3) A_i \rightarrow A_i$, diberikan bobot 2.

$(t = 4) A_i \rightarrow A_i$, diberikan bobot 3

$(t = 5) A_i \rightarrow A_i$, diberikan bobot 4.

dengan t menyatakan waktu.

5. Menghitung hasil peramalan atau defuzzifikasi.
6. Menghitung nilai galat peramalan menggunakan MAD dan MAPE.

D. Membandingkan Metode Sturges dan *Average-Based* Pada Analisis *Fuzzy Time Series* Cheng

Adapun perbandingan tersebut didasarkan pada :

1. Banyaknya kelas interval yang terbentuk.
2. Plot data hasil peramalan.
3. Nilai galat peramalan yaitu MAD dan MAPE.

E. Melakukan Peramalan Adaptif

Melakukan peramalan adaptif dengan metode terbaik dengan menggunakan persamaan Peramalan adaptif $(t) = P(t - 1) + h * (F(t) - P(t - 1))$.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan *Average-Based* pada penentuan banyaknya kelas interval menghasilkan kelas interval yang lebih banyak dibanding menggunakan formula Sturges. Pada metode *Average-Based*, jumlah kelas interval yang terbentuk sebanyak 60 kelas interval, sedangkan pada metode Sturges, jumlah kelas interval yang terbentuk hanya sebanyak 11 kelas interval.
2. Berdasarkan plot data hasil peramalan dan nilai galat peramalan, metode *Average-Based* lebih baik digunakan untuk melakukan peramalan dibandingkan metode Sturges pada analisis *Fuzzy Time Series* Cheng.
3. Hasil peramalan kurs beli Rupiah terhadap Dollar Amerika untuk periode 01 November 2017 menggunakan metode *average-based* pada analisis *fuzzy time series* adalah sebesar Rp13.490,5.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dengan mengembangkan metode *Fuzzy Time Series* agar dapat meramalkan data dalam jangka panjang dan pengembangan software untuk metode peramalan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Brata, A. S. 2016. Penerapan Fuzzy Time Series Dalam Peramalan Data Seasonal. (Skripsi). Malang. UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Cheng, C. H., Chen, T. L., Teoh, H. J., & Chen, C. H. 2008. Fuzzy Time-Series Based on Adaptive Expectation Model for TAIEX forecasting. *Expert System with Applications*. **34**:1126-1132.
- Kirchgässner, G., Wolters J., & Hassler, U. 2013. *Introduction to Modern Time Series Analysis Second Edition*. Verlag Berlin Heidelberg, Springer.
- Kusumadewi, S. & Purnomo, H. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., & McGee, V.E. 1999. *Forecasting Methods and Applications 2nd Ed*. John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. 2008. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Sivanandam, S.N., Deepa, S.N., & Sumathi, S. 2007. *Intoduction to Fuzzy Logic using MATLAB*. Springer, Verlag Berlin Heidelberg.
- Song, Q. & Chissom, B. S. 1993. Fuzzy Time Series and its Models. *Fuzzy Sets and Systems*. **54**:269-277.
- Song, Q. & Chissom, B. S. 1994. Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series – Part II. *Fuzzy Sets and Systems*. **62**:1-8.

Tauryawati, M. L & Irawan, M. I. 2014. Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Cheng dan Metode Box-Jenkins untuk Memprediksi IHSG. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. **2**(3):2337-3537.

Xihao, S. & Yimin, L. 2008. Average-based Fuzzy Time Series Models for Forecasting Shanghai Compound Index. *World Journal of Modelling and Simulation*. **4**:104-111.