

**PERAMALAN INFLASI KOTA MAKASSAR MENGGUNAKAN
FUZZY TIME SERIES CHEN ORDE-n**



SITTI NURKHOLISAH HALIM

H011201066



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2024

**PERAMALAN INFLASI KOTA MAKASSAR MENGGUNAKAN
FUZZY TIME SERIES CHEN ORDE-n**

**SITTI NURKHOLISAH HALIM
H01201066**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA - DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**PERAMALAN INFLASI KOTA MAKASSAR
MENGUNAKAN FUZZY TIME SERIES CHEN ORDE-n**

**SITTI NURKHOLISAH HALIM
H01201066**

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Matematika

pada

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI
PERAMALAN INFLASI KOTA MAKASSAR MENGGUNAKAN
FUZZY TIME SERIES CHEN ORDE-n

SITTI NURKHOLISAH HALIM

H011201066

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Sains pada tanggal 5 Juni 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada



Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,

Jusmawati Massalessé, S.Si., M.Si
NIP.19680601 199512 1 001

Mengetahui:



Dr. Firman, S.Si., M.Si
NIP.19680429 200212 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Peramalan Inflasi Kota Makassar Menggunakan Fuzzy Time Series Chen Orde-n" adalah benar karya saya dengan arahan dari Ibu Jusmawati Massalesse, S.Si., M.Si. sebagai Pembimbing. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 5 Juni 2024



Sitti Nurkholisah Halim

NIM H011201066

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Peramalan Inflasi Kota Makassar Menggunakan Fuzzy Time Series Chen Orde-n" dengan baik. Skripsi ini tidak akan terwujud tanpa dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin memberikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada orang tua tercinta atas doa, kasih sayang, dukungan moral, dan material yang tiada henti mengalir. Dan dengan segala kerendahan hati, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Jamaluddin Jompa, M.Si.** selaku Rektor Universitas Hasanuddin, Bapak **Dr. Eng. Amlruddin** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, serta Bapak **Dr. Firman, S.Si., M.Si.** selaku Ketua Departemen Matematika.
2. Seluruh **Dosen** dan **Staf** Departemen Matematika yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Matematika.
3. Ibu **Jusmawati Massalesse, S.Si., M. Si.** selaku pembimbing utama atas kesediaan dan kesabarannya dalam membimbing dan memberikan arahan kepada penulis, serta meluangkan banyak waktu sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak **Prof. Dr. Syamsuddin Toaha, M.Sc.** dan Ibu **Dra. Nur Erawaty, M.Si.** selaku penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu, saran, dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini
5. Teman-teman seperjuangan, khususnya **Ayu, Mona, Wulan, Ica, Aci,** serta **Yayat** yang senantiasa menemani dan selalu memberikan semangat, dukungan, serta bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan skripsi ini.
6. Teman-teman **MIPA 2020** dan **Matematika 2020** yang telah berjuang bersama sejak awal perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini selesai
7. Seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam bentuk apapun.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam bidang ilmu yang saya tekuni.

Penulis,



Sitti Nurkholisah Halim

ABSTRAK

Inflasi merupakan salah satu indikator yang mempengaruhi stabilitas ekonomi masyarakat. Peramalan nilai inflasi diperlukan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan ekonomi pada masa mendatang. Penelitian ini memuat peramalan inflasi kota Makassar dengan metode Fuzzy Time Series Chen Orde-n serta perbandingan efektivitas metode tersebut berdasarkan penentuan interval dengan Aturan Sturges dan Basis Rata-rata. Adapun hasil ramalan inflasi periode Januari 2024 dengan Aturan Sturges adalah 0,41% dengan nilai kesalahan RMSE sebesar 0,297 dan MAE sebesar 0,185. Sedangkan untuk Basis Rata-rata, ramalan yang diperoleh adalah 0,33% dengan nilai kesalahan yang lebih rendah yaitu RMSE sebesar 0,074, MAE sebesar 0,031. Dalam kasus ini, metode FTS Chen dengan basis rata-rata memberikan hasil yang lebih baik dan penggunaan orde yang lebih tinggi membuat nilai kesalahan monoton turun.

Kata kunci: peramalan; inflasi; fuzzy; FTS

ABSTRACT

Inflation is one of the indicators that affect the economic stability of society. Forecasting the value of inflation is needed as a consideration in making economic decisions in the future. This research contains Makassar City inflation forecasting with the n th-order Fuzzy Time Series Chen method and a comparison of the effectiveness of the method based on the determination of intervals with the Sturges Rule and the Average Basis. The inflation forecast result for January 2024 period with sturges rule is 0.41% with RMSE error value of 0.297 and MAE of 0.185. While for the average basis, the forecast obtained is 0.33% with a lower error value of RMSE of 0.074 and MAE of 0.031. In this case, Chen's FTS method with an average basis gives better results and the use of higher orders makes the monotonic error value decrease.

Keywords: forecasting; inflation; fuzzy; FTS

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Landasan Teori.....	2
1.6.1 Inflasi.....	2
1.6.2 Peramalan.....	3
1.6.3 Peramalan <i>Time Series</i>	3
1.6.4 Pengukuran Nilai Kesalahan Peramalan	8
BAB II METODOLOGI PENELITIAN	9
2.1 Jenis Penelitian.....	9

2.2 Jenis dan Sumber Data	9
2.3 Teknik Analisis Data	9
2.4 Alur Kerja	10
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	11
3.1 Hasil Penelitian	11
3.1.1 Analisis Deskriptif Data	11
3.1.2 Implementasi FTS Chen Orde-n dengan Aturan Sturges	12
3.1.3 Implementasi FTS Chen Orde-n dengan Basis Rata-rata	21
3.1.4 Nilai Kesalahan Peramalan	28
3.1.5 Grafik Hasil Peramalan	30
3.2 Pembahasan	34
3.2.1 Hasil Peramalan FTS Chen Orde-n	34
3.2.2 Perbandingan Peramalan FTS Chen dengan Aturan Sturges dan Basis Rata-rata	34
BAB IV KESIMPULAN	36
4.1 Kesimpulan	36
4.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	39

DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
1. Basis Interval.....	6
2. Data Inflasi Kota Makassar 2009-2023.....	11
3. Penentuan Interval dengan Aturan Sturges.....	13
4. Interval fuzzy dengan Aturan Sturges.....	14
5. Hasil fuzzifikasi dengan Aturan Sturges	14
6. FLR orde-1 dengan Aturan Sturges.....	15
7. FLR orde-2 dengan Aturan Sturges.....	15
8. FLR orde-3 dengan Aturan Sturges.....	15
9. FLR orde-4 dengan Aturan Sturges.....	16
10. FLR orde-5 dengan Aturan Sturges.....	16
11. FLR orde-6 dengan Aturan Sturges.....	16
12. FLRG dan defuzzifikasi orde-1 dengan Aturan Sturges	17
13. FLRG dan defuzzifikasi orde-2 dengan Aturan Sturges	17
14. FLRG dan defuzzifikasi orde-3 dengan Aturan Sturges	17
15. Hasil FLRG dan defuzzifikasi orde-4 dengan Aturan Sturges	18
16. Hasil FLRG dan defuzzifikasi orde-5 dengan Aturan Sturges	18
17. Hasil FLRG dan defuzzifikasi orde-6 dengan Aturan Sturges	18
18. Hasil peramalan orde-1 dengan Aturan Sturges	19
19. Hasil peramalan orde-2 dengan Aturan Sturges	19
20. Hasil peramalan orde-3 dengan Aturan Sturges	19
21. Hasil peramalan orde-4 dengan Aturan Sturges	19
22. Hasil peramalan orde-5 dengan Aturan Sturges	20
23. Hasil peramalan orde-6 dengan Aturan Sturges	20
24. Hasil peramalan periode selanjutnya dengan Aturan Sturges	20
25. Selisih absolut data inflasi Kota Makassar	21
26. Penentuan interval dengan Basis Rata-rata	22
27. Interval fuzzy dengan Basis Rata-rata	23
28. Hasil fuzzifikasi dengan Basis Rata-rata.....	23
29. FLR orde-1 dengan Basis Rata-rata	24
30. FLR orde-2 dengan Basis Rata-rata	24
31. FLR orde-3 dengan Basis Rata-rata	24

32. FLR orde-4 dengan Basis Rata-rata	24
33. FLR orde-5 dengan Basis Rata-rata	25
34. FLRG dan defuzzifikasi orde-1 dengan Basis Rata-rata	25
35. FLRG dan defuzzifikasi orde-2 dengan Basis Rata-rata	25
36. FLRG dan defuzzifikasi orde-3 dengan Basis Rata-rata	26
37. FLRG dan defuzzifikasi orde-4 dengan Basis Rata-rata	26
38. FLRG dan defuzzifikasi orde-5 dengan Basis Rata-rata	26
39. Hasil peramalan orde-1 dengan Basis Rata-rata.....	26
40. Hasil peramalan orde-2 dengan Basis Rata-rata.....	27
41. Hasil peramalan orde-3 dengan Basis Rata-rata.....	27
42. Hasil peramalan orde-4 dengan Basis Rata-rata.....	27
43. Hasil peramalan orde-5 dengan Basis Rata-rata.....	27
44. Hasil peramalan periode selanjutnya dengan Basis Rata-rata.....	28
45. Nilai kesalahan peramalan dengan RMSE	29
46. Nilai kesalahan peramalan setiap bulan dengan MAE	30

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Alur Kerja Penelitian.....	10
2. Grafik Data Inflasi Kota Makassar 2009-2023	11
3. Grafik hasil peramalan FTS Chen orde-1 dengan Aturan Sturges	30
4. Grafik hasil peramalan FTS Chen orde-2 dengan Aturan Sturges	30
5. Grafik hasil peramalan FTS Chen orde-3 dengan Aturan Sturges	31
6. Grafik hasil peramalan FTS Chen Orde-4 dengan Aturan Sturges	31
7. Grafik hasil peramalan FTS Chen Orde-5 dengan Aturan Sturges	31
8. Grafik hasil peramalan FTS Chen Orde-6 dengan Aturan Sturges	32
9. Grafik hasil peramalan FTS Chen orde-1 dengan Basis Rata-rata	32
10. Grafik hasil peramalan FTS Chen orde-2 dengan Basis Rata-rata	32
11. Grafik hasil peramalan FTS Chen orde-3 dengan Basis Rata-rata	33
12. Grafik hasil peramalan FTS Chen orde-4 dengan Basis Rata-rata	33
13. Grafik hasil peramalan FTS Chen orde-5 dengan Basis Rata-rata	33

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Data inflasi Kota Makassar 2009-2023	39
2. Fuzzifikasi dengan Aturan Sturges	40
3. FLR dengan Aturan Sturges	41
4. FLRG dan defuzzifikasi orde-2 dengan Aturan Sturges	46
5. FLRG dan defuzzifikasi orde-3 dengan Aturan Sturges	47
6. FLRG dan defuzzifikasi orde-4 dengan Aturan Sturges	48
7. FLRG dan defuzzifikasi orde-5 dengan Aturan Sturges	50
8. FLRG dan defuzzifikasi orde-6 dengan Aturan Sturges	52
9. Hasil peramalan FTS Chen dengan Aturan Sturges	54
10. Selisih absolut data	56
11. Interval dengan Basis Rata-rata	57
12. Interval <i>fuzzy</i> dengan Basis Rata-rata	58
13. Fuzzifikasi dengan Basis Rata-rata	59
14. FLR dengan Basis Rata-rata	60
15. FLRG dan defuzzifikasi orde-1 dengan Basis Rata-rata	65
16. FLRG dan defuzzifikasi orde-2 dengan Basis Rata-rata	66
17. FLRG dan defuzzifikasi orde-3 dengan Basis Rata-rata	68
18. FLRG dan defuzzifikasi orde-4 dengan Basis Rata-rata	70
19. FLRG dan defuzzifikasi orde-5 dengan Basis Rata-rata	72
20. Hasil peramalan FTS Chen dengan Basis Rata-rata.....	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kestabilan perekonomian suatu wilayah merupakan masalah jangka panjang yang dipengaruhi oleh banyak hal, salah satunya adalah inflasi. Menurut Bank Indonesia (2023), inflasi adalah kenaikan harga barang dan jasa secara umum dan terus menerus dalam jangka waktu tertentu. Perhitungan tingkat inflasi dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) melalui perbandingan data harga barang dan jasa periode saat ini dengan periode sebelumnya. Pada Juli 2013, BPS mencatat tingkat inflasi Kota Makassar naik sebesar 3,03% akibat kenaikan harga pada beberapa kelompok pengeluaran yang menyebabkan kenaikan pada biaya hidup masyarakat (Basari, 2013). Hal ini menunjukkan bahwa Inflasi memiliki pengaruh terhadap stabilitas ekonomi sehingga perlu dilakukan peramalan terhadap tingkat inflasi.

Peramalan inflasi dapat dilakukan dengan berbagai metode salah satunya dengan metode Fuzzy Time Series (FTS) model Chen. Metode ini merupakan variasi dari metode FTS yang disederhanakan dan dimodifikasi oleh Chen pada tahun 1996 untuk meramalkan data melalui nilai-nilai linguistik. Studi terkait penerapan metode FTS Chen pernah dilakukan oleh Kristanti *et al.* (2022) dalam penelitiannya mengenai peramalan tingkat inflasi di Indonesia dan hasilnya menunjukkan bahwa nilai peramalan dengan metode tersebut memiliki akurasi yang baik dengan nilai kesalahan RMSE yaitu 0,043. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Sugumonrong *et al.* (2019) terkait prediksi harga emas menggunakan metode yang sama dengan modifikasi penentuan interval menggunakan Basis Rata-rata menyatakan bahwa metode yang digunakan dalam penentuan interval memberikan pengaruh terhadap tingkat akurasi hasil peramalan.

Selanjutnya, metode FTS Chen dimodifikasi kembali oleh Chen pada tahun 2002 dengan menggunakan konsep n -orde (*n-orde concept*) yang kemudian disebut sebagai FTS Chen orde tinggi. Penelitian terbaru dilakukan oleh Yuliyanto *et al.* (2023) dalam peramalan pendapatan bulanan Koperasi Pegawai Telkom dengan implementasi konsep n -orde pada FTS Chen. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil peramalan yang lebih baik pada orde yang lebih tinggi. Selain itu, Halis *et al.* (2022) melakukan perbandingan antara FTS Sexena Easo dan FTS Chen Orde tinggi dalam peramalan tingkat inflasi Indonesia dan diperoleh hasil yang lebih baik dengan keakuratan mencapai 89% saat melakukan peramalan dengan metode FTS chen orde ketiga.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian terkait peramalan inflasi Kota Makassar menggunakan metode Fuzzy Time Series Orde- n serta melakukan perbandingan hasil peramalan FTS Chen orde- n berdasarkan metode penentuan interval menggunakan Aturan Sturges dan metode Basis Rata-rata. Hasil

penelitian ini nantinya akan dituangkan dalam skripsi dengan judul “Peramalan Inflasi Kota Makassar Menggunakan Fuzzy Time Series Chen Orde-n”.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana peramalan inflasi Kota Makassar menggunakan metode Fuzzy Time Series Chen Orde-n
2. Bagaimana perbandingan hasil peramalan Fuzzy Time Series Chen berdasarkan orde dan penentuan interval

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Memperoleh peramalan inflasi Kota Makassar menggunakan metode Fuzzy Time Series Chen Orde-n.
2. Memperoleh perbandingan hasil peramalan Fuzzy Time Series Chen berdasarkan orde dan penentuan interval.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data inflasi di Kota Makassar Januari 2009 hingga Desember 2023 yang diperoleh dari situs <https://www.bps.go.id>.
2. Metode yang digunakan adalah Fuzzy Time Series Chen Orde-n dengan n adalah bilangan asli.
3. Pengukuran tingkat keakuratan hasil peramalan menggunakan RMSE dan MAE

1.5 Manfaat Penelitian

Tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai bentuk penerapan ilmu statistika matematika penulis dalam topik peramalan
2. Sebagai referensi metode yang dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya
3. Sebagai gambaran bagi pemerintah maupun masyarakat mengenai metode peramalan tingkat inflasi di masa yang akan datang agar dapat dijadikan sebagai acuan pengambilan keputusan

1.6 Landasan Teori

1.6.1 Inflasi

Menurut BI (2023) Inflasi adalah suatu keadaan di mana harga barang dan jasa secara umum mengalami kenaikan yang berlangsung secara terus-menerus dalam jangka waktu tertentu. Inflasi terjadi ketika jumlah uang yang beredar lebih banyak dibandingkan dengan jumlah barang atau jasa yang ditawarkan. Di Indonesia,

perhitungan inflasi dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) melalui survei belanja masyarakat untuk membuat perbandingan harga-harga saat ini dengan periode sebelumnya. Perubahan Inflasi memberikan berbagai dampak pada perekonomian, seperti naik turunnya daya beli masyarakat, sulitnya keputusan masyarakat dalam melakukan konsumsi, investasi, produksi, dan kegiatan ekonomi lainnya (Etawati *et al.*, 2022).

1.6.2 Peramalan

Menurut Juarsa *et al.* (2023) peramalan atau *forecasting* adalah kegiatan memprediksi kejadian di masa depan dengan menggunakan kejadian masa lampau sebagai acuan dan diterapkan dalam bentuk yang matematis (kuantitatif) atau bersifat subjektif (kualitatif). Kegiatan peramalan dapat digunakan sebagai alat bantu dalam perencanaan yang efektif dan efisien untuk membuat keputusan yang tepat.

1.6.3 Peramalan *Time Series*

Peramalan *time series* adalah penggunaan model untuk memprediksi nilai pada waktu mendatang berdasarkan data *time series* yang dapat digunakan sebagai landasan dalam pembuatan keputusan sekarang untuk proyeksi dan perencanaan pada masa depan. Adapun data *time series* merupakan sekumpulan data pengamatan yang terjadi secara berurutan dengan interval waktu tetap seperti harian, mingguan, dan tahunan (Suhadi & Susiana 2022).

a. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy diperkenalkan oleh Zadeh pada tahun 1965 sebagai perluasan dari himpunan tegas. Kusumadewi & Hari (2004) menjelaskan bahwa pada himpunan tegas, nilai keanggotaan dalam himpunan hanya memiliki dua kemungkinan yang diwakilkan pada bilangan biner 0 dan 1. Sedangkan elemen himpunan fuzzy dapat memiliki derajat keanggotaan yang berada diantara 0 dan 1 yang berarti masih ada nilai yang benar dan salah sekaligus atau dengan kata lain kebenaran objek tidak hanya benar atau salah. Terdapat dua hal yang termuat dalam himpunan fuzzy yakni, variabel linguistik sebagai suatu nama kelompok yang mewakili keadaan dengan menggunakan bahasa alami seperti tua, parobaya dan muda serta nilai linguistik yaitu angka yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti 5, 8 dan 15.

b. Fuzzy Time Series

Penelitian oleh Kadry *et al* (2022) menyebutkan bahwa metode Fuzzy Time Series diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993 dengan sistem peramalan melalui tangkapan pola data historis untuk memperkirakan data yang akan datang. Dalam Fauziah *et al.*, (2016) dijelaskan langkah-langkah umum peramalan dengan Fuzzy Time Series sebagai berikut:

1. Penentuan himpunan semesta (*Universe of Discourse*)
Himpunan semesta ditentukan dengan menetapkan rentang nilai dari data historis yang akan diprediksi.
2. Penentuan interval
Proses ini dilakukan dengan cara membagi himpunan semesta menjadi beberapa interval baru u_1, u_2, \dots, u_n .
3. Pembentukan himpunan fuzzy
Tahap ini bertujuan untuk menggambarkan keanggotaan suatu data dengan cara mengasumsikan interval yang telah terbentuk menjadi variabel linguistik dan numerik himpunan fuzzy.
4. Fuzzifikasi
Fuzzifikasi dilakukan dengan cara mengkonversi data aktual ke dalam himpunan fuzzy yang intervalnya memuat data tersebut.
5. Pembentukan matriks relasi fuzzy
Relasi fuzzy ditentukan dengan membentuk hubungan yang menggambarkan keterkaitan data periode sebelumnya dan periode saat ini, sedangkan matriks digunakan untuk merepresentasikan kemungkinan transisi antar nilai-nilai fuzzy dari satu waktu ke waktu berikutnya.
6. Defuzzifikasi
Defuzzifikasi merupakan konversi nilai-nilai fuzzy hasil prediksi kembali ke nilai numerik asli.

c. Fuzzy Time Series Model Chen

Pada tahun 1996, Chen mengusulkan modifikasi dari metode FTS dengan penyederhanaan proses perhitungan. Metode tersebut dikenal dengan Fuzzy Time Series Chen. Dalam Arfiana *et al.* (2022) disebutkan langkah-langkah peramalan dengan metode FTS Chen sebagai berikut:

1. Menentukan himpunan semesta
Himpunan semesta ditentukan melalui persamaan berikut

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \quad (1)$$

dimana:

- D_1 dan D_2 : konstanta positif yang dipilih secara bebas
 D_{min} : data aktual terkecil
 D_{max} : data aktual terbesar

2. Penentuan Interval
Interval baru u_1, u_2, \dots, u_n dibentuk dengan membagi himpunan semesta U menjadi beberapa interval sama panjang. Sugumonrong *et al.* (2019) menyebutkan pemilihan metode dalam penentuan interval memberikan pengaruh terhadap hasil peramalan. Berikut dua metode yang digunakan dalam menentukan interval pada penelitian ini:

a. Aturan Sturges

Tahapan yang digunakan dalam penentuan interval menggunakan Aturan Sturges adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan *range* (R) melalui persamaan berikut:

$$R = (D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1) \quad (2)$$

- 2) Menentukan banyaknya kelas interval menggunakan rumus berikut:

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

dengan n merupakan banyaknya data aktual atau data historis.

- 3) Menentukan panjang interval (I) berdasarkan nilai R dan K sebelumnya melalui persamaan berikut:

$$I = \frac{R}{K} \quad (4)$$

- 4) Membuat kelas-kelas interval baru u_1, u_2, \dots, u_n berdasarkan banyak kelas dan panjang interval yang diperoleh pada langkah sebelumnya.

- 5) Menentukan masing-masing nilai tengah interval (m_i) dengan rumus:

$$m_i = \frac{(\text{Batas Atas} - \text{Batas Bawah})}{2} \quad (5)$$

b. Basis Rata-rata

Penentuan interval dengan Basis Rata-rata dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (Sugumonrong *et al.*, 2019):

- 1) Menghitung setiap nilai selisih absolut antara data saat ini (x_t) dan data setelahnya (x_{t+1}),
- 2) Menghitung setengah rata-rata nilai selisih absolut yang telah diperoleh pada langkah pertama untuk mendapatkan panjang interval sementara dengan rumus berikut:

$$I = \frac{1}{2} \left(\frac{\sum_1^{n-1} |x_t - x_{t+1}|}{n-1} \right) \quad (6)$$

dimana:

x_t : data periode t

x_{t+1} : data periode $t + 1$ (data setelahnya)

n : banyaknya data

- 3) Membulatkan panjang interval I pada langkah sebelumnya dengan mengacu pada tabel basis interval berikut:

Tabel 1. Basis Interval

Jangkauan	Basis
0.1 – 1.0	0.1
1.1 – 10	1
11 - 100	10
101 - 1000	100

Sumber: Sugumonrong *et al.* (2019)

- 4) Menentukan *range* (R) melalui persamaan (2)
- 5) Menentukan banyak kelas (K) dengan nilai R dan I sebelumnya melalui persamaan berikut :

$$K = \frac{R}{I} \quad (7)$$

- 6) Membuat kelas-kelas interval baru u_1, u_2, \dots, u_n berdasarkan banyak kelas (K) dan panjang interval (I) yang diperoleh sebelumnya.
- 7) Menentukan masing-masing nilai tengah interval (m_i) melalui persamaan (5)

3. Mendefinisikan himpunan fuzzy A_i

Jika himpunan semesta $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ yang mana u_j merupakan kelas interval ke- j untuk $j = 1, 2, \dots, n$ dengan f_{A_i} sebagai fungsi keanggotaan A_i , maka suatu himpunan fuzzy A_i dari U dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A_i = \frac{f_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{f_{A_i}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (8)$$

dimana $f_{A_i}(u_j) \in [0,1]$ serta $1 \leq i \leq n$ dengan n merupakan banyaknya kelas interval yang terbentuk. Adapun nilai dari $f_{A_i}(u_j)$ adalah sebagai berikut (Yuliyanto *et al.*, 2023) :

$$f_{A_i}(u_j) = \begin{cases} 1 & \text{Jika } j = i \\ 0,5 & \text{Jika } j = i + 1 \text{ atau } j = i - 1 \\ 0 & \text{Untuk lainnya} \end{cases} \quad (9)$$

4. Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi dilakukan dengan melabeli setiap data historis dengan variabel linguistik A_1, A_2, \dots, A_n berdasarkan interval fuzzy yang memuat data tersebut (Halis, 2022).

5. Menentukan *Fuzzy Logical Relation* (FLR)

Langkah ini dilakukan dengan membuat hubungan antara setiap urutan data historis terhadap data berikutnya dalam bentuk himpunan fuzzy. FLR dapat ditulis sebagai $A_i \rightarrow A_j$, dengan A_i sebagai himpunan sisi kiri atau disebut kondisi saat ini (*current state*) dan A_j sebagai himpunan sisi kanan atau disebut state selanjutnya (*next state*) (Kadry *et al.*, 2022).

6. Menentukan *Fuzzy Logical Relation Group* (FLRG) dan defuzzifikasi
 Penentuan FLRG dilakukan dengan membuat grup-grup berdasarkan sisi kiri yang sama pada setiap FLR. Misal terdapat tiga FLR yaitu $A_1 \rightarrow A_2$, $A_1 \rightarrow A_3$, $A_1 \rightarrow A_1$ maka FLRG yang terbentuk adalah $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_3$. Defuzzifikasi merupakan proses menentukan nilai dari masing-masing FLRG yang telah terbentuk dengan cara melakukan perhitungan rata-rata nilai tengah himpunan sisi kanan setiap grup dalam FLRG.

7. Menentukan hasil peramalan
 Penentuan hasil peramalan dilakukan dengan mencocokkan sisi kiri FLR setiap periode dengan sisi kiri FLRG yang telah terbentuk. Berikut aturan-aturan yang harus diperhatikan pada langkah ini (Fauziah *et al.*, 2016):

Aturan 1 : Jika FLR tidak ada ($A_i \rightarrow *$) maka hasil peramalan adalah nilai tengah dari A_i , sehingga $F_{t+1} = m_i$

Aturan 2 : Jika FLR yang tersedia hanya satu yaitu $A_i \rightarrow A_j$, maka hasil peramalan adalah nilai tengah dari A_j , sehingga $F_{t+1} = m_j$

Aturan 3 : Jika FLR adalah $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ maka hasil peramalan adalah rata-rata nilai tengah dari $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$, sehingga

$$F_{t+1} = \frac{m_{j1} + m_{j2} + \dots + m_{jk}}{k} \quad (10)$$

dimana k adalah banyaknya jumlah nilai tengah dan untuk mencari nilai tengah (m_i) pada interval himpunan *fuzzy* dapat digunakan persamaan (5).

d. Fuzzy Time Series Chen Orde-n

Metode Fuzzy Time Series Chen dengan konsep n-orde merupakan modifikasi lanjutan yang dilakukan Chen (2002) terhadap konsep sebelumnya. Perbedaannya terletak pada jumlah data historis yang terlibat dalam pembentukan FLR bergantung pada orde yang digunakan. FTS Chen biasa hanya melibatkan satu data historis yang selanjutnya disebut sebagai FTS Chen orde-1. Sedangkan penentuan FLR untuk orde yang lebih tinggi melibatkan dua atau lebih data historis sesuai dengan orde yang sedang diimplementasikan. Sebagai contoh untuk orde dua melibatkan dua data historis yaitu $F(t-2)$ dan $F(t-1)$. Misal hasil fuzzifikasi $F(t-2) = A_i$ dan $F(t-1) = A_j$ sedang fuzzifikasi saat ini $F(t)$ adalah A_k maka FLR yang terbentuk adalah $A_i, A_j, \rightarrow A_k$. Begitu pun dengan orde tiga yang melibatkan tiga data historis dan seterusnya (Arfiana *et al.*, 2022).

1.6.4 Pengukuran Nilai Kesalahan Peramalan

Suatu metode peramalan dikatakan baik apabila perolehan metode tersebut mendekati nilai yang sebenarnya atau dengan kata lain, semakin kecil kesalahan prediksi maka semakin baik keakuratan model yang digunakan. Berikut tiga metode yang digunakan dalam penelitian ini (Makridakis, Wheelwright, & McGee, 1999)

a. *Root Mean of Squared Error (RMSE)*

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - y_t)^2} \quad (11)$$

dimana:

x_t : Nilai data historis pada periode ke- t

y_t : Nilai ramalan pada periode ke- t

n : Banyaknya pengamatan

b. *Mean Absolute Error (MAE)*

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |x_t - y_t| \quad (12)$$

dimana:

x_t : Nilai data historis pada periode ke- t

y_t : Nilai ramalan pada periode ke- t

n : Banyaknya pengamatan