

Fuzzy Time Series Lee dengan Average Based Length untuk Prediksi Jumlah Penduduk Miskin Sulawesi Tenggara

Fithriah Musadat¹, Jabal Nur^{2*}, Andi Nasri³

^{1,2*} Teknik Informatika, Universitas Dayanu Ikhsanuddin, Baubau, 93700, Sulawesi Tenggara, Indonesia

³ Teknik Informatika, Universitas Handayani Makassar, Makassar, 90231, Sulawesi Selatan, Indonesia

e-mail: ¹fith.musadat@unidayan.ac.id, ^{2*}jabalnur@unidayan.ac.id, ³andinasrimansur@gmail.com

* Corresponding Author

INFORMASI ARTIKEL

Print ISSN : 2442-9864

Online ISSN : 2686-3766

Article history

Received : 19 April 2023

Revised : 25 Mei 2023

Accepted : 31 Mei 2023

Kata kunci: FTS, interval berbasis rata-rata, peramalan

Keywords: FTS, average based length, forecasting

Nomor Tlp. Penulis: +628554541619

PENERBIT

Universitas Dayanu Ikhsanuddin,
Jalan Dayanu Ikhsanuddin No. 124,
Kode Pos 93721 Baubau,
Sulawesi Tenggara, Indonesia.

Email:

pendidikanmatematika@unidayan.ac.id

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



ABSTRAK

Studi ini bertujuan untuk memprediksi jumlah penduduk miskin di Sulawesi Tenggara menggunakan metode *Fuzzy Time Series Model Lee* dengan penentuan interval berbasis rata-rata. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data periodik tahunan dari 2004-2022 yang diunduh dari situs bps.go.id. Hasil penelitian menunjukkan angka kemiskinan di Sulawesi Tenggara di tahun 2023 mencapai 301.801 jiwa. Model sukses membaca pergerakan data, memiliki jumlah nilai $error > 0$ menunjukkan arah kesalahan prediksi yang cenderung *underestimated*. Namun, akurasi yang dihasilkan sangat baik, ditunjukkan dengan nilai MAPE sebesar 1,71%.

This study aims to predict the number of poor people in Southeast Sulawesi using the Lee's Fuzzy Time Series with Average Based Length. The data used in this research is annual periodic data from 2004-2022 downloaded from the bps.go.id website. The results of the study show that the poverty rate in Southeast Sulawesi in 2023 will reach 301,801 people. The model is successful in reading data movements, with the number of error values > 0 indicating the direction of prediction error which tends to be underestimated. However, the resulting accuracy is very good, indicated by the MAPE value of 1.71%.

Cara mengutip: Musadat, F., Nur, J., & Nasri, A. (2023). Fuzzy Time Series Lee dengan Average Based Length untuk Prediksi Jumlah Penduduk Miskin Sulawesi Tenggara. *Jurnal Akademik Pendidikan Matematika*, 9(1), 63-67.

PENDAHULUAN

Kemiskinan selalu menjadi isu krusial dalam pembangunan, tidak hanya daerah tetapi juga nasional dan global. Pemerintah terus berupaya untuk menghadirkan dan memastikan efektifitas kebijakan dan program pengentasan kemiskinan. Untuk mendukung hal tersebut, dibutuhkan perencanaan dengan menggunakan metode analisis yang tepat dalam memahami pola dan tren data, khususnya mengenai jumlah penduduk miskin.

Peramalan (*forecasting*) adalah kegiatan untuk meminimalisasi ketidakpastian di masa mendatang. Berbagai metode peramalan telah dikembangkan, mulai dari yang sederhana seperti *Moving Average*, *Weighted Moving Average*, dan *Exponential*

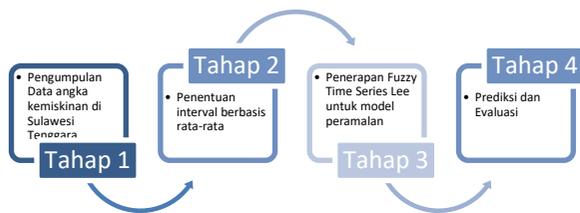
Smoothing, hingga yang rumit menggunakan jaringan saraf tiruan, algoritma genetika, dll. *Fuzzy Time Series* (FTS) merupakan metode prediksi data dengan menggunakan pola data historis untuk mengetimasi nilainya di masa mendatang. Pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1996. Sejak itu, FTS semakin berkembang seperti Model Chen, Model Cheng, Rantai Markov, dan Model Lee. Beberapa studi menunjukkan bahwa FTS memiliki perhitungannya yang relatif sederhana serta dapat bekerja dengan baik meski pada data yang tidak linear dan tidak stasioner (Solikhun & Yudatama, 2019; Handayani & Anggriani, 2015).

Karakteristik data jumlah penduduk miskin Sulawesi Tenggara relatif fluktuatif. Untuk

mendukung pemerintah dalam menyusun program-program sosial, ekonomi, dan pembangunan yang lebih efektif, khususnya mengenai angka kemiskinan, akan diteliti mengenai prediksi jumlah penduduk miskin di Provinsi Sulawesi Tenggara menggunakan FTS Model Lee.

METODE PENELITIAN

Secara garis besar, penelitian ini dilakukan dalam empat tahapan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahap 1, pengumpulan data angka kemiskinan Sulawesi Tenggara. Data tersebut berupa *time series quantitative* tahunan selama 19 tahun, mulai dari 2004 hingga 2022. Data sekunder tersebut diunduh pada situs resmi Badan Pusat Statistik, <https://bps.go.id>.

Tahap 2, penentuan interval berbasis rata-rata. Studi yang dilakukan Xihao dan Yimin (2008) dalam Solikhin dan Yudatama (2019) menunjukkan bahwa panjang interval sangat berpengaruh terhadap kinerja model peramalan. Berikut adalah algoritma pendekatan interval berbasis rata-rata (*Averaged-Based Length*) yang dikembangkan oleh Xihao dan Yimin (dalam Solikhin dan Yudatama, 2019):

Langkah 1: Hitung rata-rata selisih absolut data

$$\text{Mean} = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} |X_{t+1} - X_t|}{N-1} \quad (1)$$

Langkah 2: Ambil setengah dari rata-ratanya sebagai panjang interval yang akan ditinjau (K)

$$K = \frac{\text{Mean}}{2} \quad (2)$$

Langkah 3: Dari nilai yang diperoleh dari langkah kedua, akan ditentukan panjang basis intervalnya dengan mengacu pada Tabel 1.

Tabel 1. Basis Interval (Xihao & Yimin dalam Solikhin & Yudatama, 2019)

Jangkauan	Basis
0,10 - 1	0,1
1,10 - 10	1
11 - 100	10
101 - 1.000	100
1001 - 10.000	1.000

Langkah 4: Lakukan pembulatan pada nilai yang diperoleh dari perhitungan langkah kedua (K) sesuai

dengan basis yang bersesuaian. Angka inilah yang digunakan sebagai panjang interval (P)

Tahap 3, fokus pada pembentukan model peramalan dengan metode *Fuzzy Time Series* (FTS) Lee:

Langkah 1: Pembentukan Himpunan Semesta Pembicaraan atau *Universe Discourse* (U)

$$U = [X_{min} - Z_1, X_{max} + Z_2] \quad (3)$$

Dengan X_{min} dan X_{max} secara berurutan adalah nilai terendah dan tertinggi dari data aktual, sedangkan Z_1 dan Z_2 adalah sembarang nilai yang tidak besar.

Langkah 2: Mendefinisikan Himpunan *Fuzzy* A_i . Banyaknya himpunan *fuzzy* yang akan dibentuk ditentukan oleh formula:

$$n = \frac{X_{max} + Z_2 - X_{min} - Z_1}{K} \quad (4)$$

Menentukan ujung bawah (L) himpunan *fuzzy* pertama A_1 diperoleh dengan rumus:

$$L_1 = X_{min} - Z_1 \quad (5)$$

Sedangkan untuk kelas kedua, ujung bawah himpunan *fuzzy* kedua A_2 diperoleh dengan menambahkan ujung bawah kelas pertama ditambahkan panjang interval (P) yang diperoleh pada tahap kedua. Begitu seterusnya hingga terbentuk n himpunan *fuzzy*.

Ujung atas kelas pertama adalah bilangan di sebelah kanan kelas kedua dan seterusnya.

Nilai Tengah atau median tiap kelas ditentukan dengan menjumlahkan ujung atas dan ujung bawahnya kemudian dibagi 2.

Langkah 3: *Fuzzifikasi* dan Menentukan *Fuzzy Logical Relationships* (FLRs)

Fuzzifikasi merupakan proses mengubah masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi *fuzzy* (variabel linguistik). Selanjutnya proses FLRs dilakukan dengan merelasikan $A_i \rightarrow A_{i+1}$. Dengan A_i disebut sebagai *current state* sedangkan A_{i+1} adalah *next state*.

Langkah 4: Membentuk *Fuzzy Logical Relationships Group* (FLRGs)

FLRGs adalah pengelompokan *fuzzifikasi* yang memiliki satu *current state* yang sama menjadi satu kelompok.

Langkah 5: *Defuzzifikasi*

Kebalikan dari *fuzzifikasi*, *defuzzifikasi* merupakan proses mengubah *fuzzy output* menjadi *crisp value*. Yang membedakan FTS Lee dengan FTS lainnya ada pada proses *defuzzifikasi* ini. Aturan yang digunakan pada FTS Lee yaitu:

- Jika *fuzzy set* adalah A_i dan FLRGs A_i kosong ($A_i \rightarrow$), maka prediksinya adalah m_i
- Jika *fuzzy set* adalah A_i dan FLRGs hanya A_j ($A_i \rightarrow A_j$), maka prediksinya adalah m_j
- Jika *fuzzy set* adalah A_i dan FLRGs memiliki banyak *fuzzy output* $A_{j1}, A_{j2}, A_{j3} \dots A_{jn}$ ($A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, A_{j3} \dots A_{jn}$), maka prediksinya adalah rata-rata nilai tengah semua outputnya.

Tahap 4, prediksi dan pengukuran akurasi. Prediksi dilakukan dengan mengubah *fuzzy input*

sebagai *current state* menjadi *next stage* hasil defuzzifikasi. Selanjutnya hasil prediksi tersebut akan dievaluasi performanya menggunakan 2 metode:

Metode 1: Hitung rata-rata kesalahan peramalan (*Mean Forecast Error* = MFE)

$$MFE = \frac{\sum_{t=1}^N (X_t - X'_t)}{N} \quad (6)$$

Dengan:

X_t = Data aktual

X'_t = Data hasil prediksi

N = Ukuran data

MFE sangat baik digunakan untuk melihat bias pada hasil prediksi, apakah cenderung lebih tinggi atau lebih rendah dari data aktual. Jika MFE mendekati 0, maka nilainya tidak bias, sedangkan jika $MFE > 0$ menunjukkan hasil prediksi yang cenderung lebih rendah dari data aktual (*underestimated*). Sebaliknya, jika $MFE < 0$, mengindikasikan hasil prediksi yang *overestimated* atau cenderung lebih tinggi dari data aktualnya.

Metode 2: Rata-rata Presentase Kesalahan Absolut (*Mean Percentage Absolut Error* = MAPE)

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{X_t - X'_t}{X_t} \right| \quad (7)$$

Menafsirkan nilai MAPE yang diperoleh dari Persamaan 7 menggunakan Tabel 2.

Tabel 2. Rentang Penghitungan MAPE

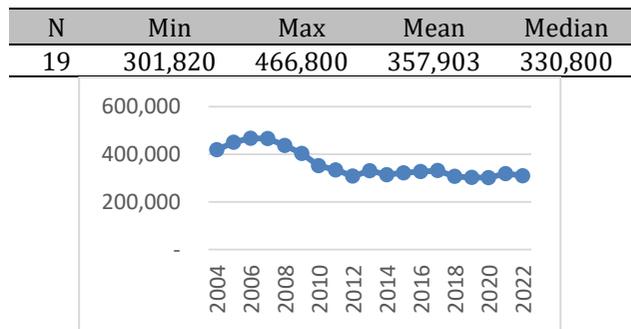
Rentang MAPE (%)	Keterangan
< 10	Model peramalan sangat baik
10 - 20	Model peramalan baik
20 - 50	Model peramalan cukup
> 50	Model peramalan buruk

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Angka Kemiskinan Sulawesi Tenggara

Untuk melihat pergerakan pola data angka kemiskinan Sulawesi Tenggara akan lebih jelas jika ditampilkan dalam time series plot seperti pada Gambar 1. Angka yang ditampilkan dalam satuan ribu jiwa. Berdasarkan plot itu dapat dilihat bahwa angka kemiskinan di Sulawesi Tenggara memiliki tren menurun, meski demikian dari plot juga kita dapat mengetahui pada 10 tahun terakhir cenderung lebih stabil bergerak di angka 300 – 350 ribu jiwa. Angka Kemiskinan tertinggi terjadi pada tahun 2020 sebanyak 301.820 jiwa, sedangkan nilai tertinggi sebesar 466.800 terjadi pada tahun 2006. Selanjutnya data dalam penelitian ini data akan diolah dalam satuan aslinya dalam data BPS, yaitu ribu jiwa.

Tabel 3. Statistik Deskriptif



Gambar 2. Plot Data (Sumber: BPS diolah)

Interval Berbasis Rata-Rata

Penghitungan interval berbasis rata-rata diawali dengan menghitung selisih absolut data sesuai dengan Persamaan (1). Hasil penghitungan ditunjukkan pada Tabel 4 baris kedua. Data menunjukkan fluktuasi dengan perubahan terbesar mencapai 51,800 dan terendah pada angka 0,760. Rata-rata perubahan datanya sebesar 17,788, nilai ini disebut sebagai *mean*. Selanjutnya dengan menggunakan Persamaan (2), membagi nilai *mean* dengan 2, diperoleh nilai $K = 8,894$. Mengacu pada Tabel 1, karena $K = 8,894$, maka basis interval yang digunakan adalah 10. Sehingga panjang kelas intervalnya (P) adalah 10, pembulatan berbasis 10 dari nilai K.

Tabel 4. Penghitungan Interval Berbasis Rata-Rata

TAHUN	DATA AKTUAL X_t	SELISIH ABSOLUT DATA $ X_{t-1} - X_t $
2004	418,400	32,100
2005	450,500	16,300
2006	466,800	1,400
...
2020	301,820	16,880
2021	318,700	8,910
2022	309,790	-
	$\sum_{t=1}^{N-1} X_{t-1} - X_t $	320,190
MEAN	$\frac{\sum_{t=1}^{N-1} X_{t-1} - X_t }{N - 1}$ $= \frac{320,190}{18}$	17,788
K	$\frac{Mean}{2} = \frac{17,788}{2}$	8,894
P	Pembulatan 8,894 berbasis 10	10

Metode Fuzzy Time Series Lee untuk Model Prediksi

Menggunakan Persamaan (3) dibentuk himpunan semesta pada penelitian ini. Nilai Z_1

diasumsikan 1% dari X_{min} , sedangkan Z_2 diasumsikan 1% dari X_{max} . Diperoleh $Z_1=3,018$ dan $Z_2 =4,668$. sehingga himpunan semesta pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 U &= [X_{min} - Z_1, X_{max} + Z_2] \\
 &= [301,820 - 3,018, 466,800 + 4,668] \\
 &= [298,802, 471,468]
 \end{aligned}$$

Banyaknya himpunan fuzzy yang akan dibentuk pada penelitian ini, sesuai Persamaan (4), yaitu:

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{X_{max} + Z_2 - X_{min} - Z_1}{K} \\
 &= \frac{466,800 + 4,668 - 301,820 - 3,018}{10} \\
 &= \frac{166,630}{10} = 16,663 \approx 17
 \end{aligned}$$

Himpunan semesta U kemudian dibagi menjadi 17 kelas dengan panjang interval yang sama yaitu 10, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Himpunan Fuzzy

FUZZY OUTPUT T	INTERVAL		NILAI TENGAH $m_t = \frac{T_t - L_t}{2}$
	Ujung Bawah L_t	Ujung Atas T_t	
A_1	298,802	308,801	303,801
A_2	308,802	318,801	313,801
A_3	318,802	328,801	323,801
...
A_{15}	438,802	448,801	443,801
A_{16}	448,802	458,801	453,801
A_{17}	458,802	468,801	463,801

Fuzzifikasi dilakukan dengan mengubah nilai crisp (X_t) menjadi fuzzy output (A_i) dengan ketentuan seperti pada Tabel 5. Selanjutnya, FLRs dibentuk dengan merelasikan fuzzy output dengan fuzzy output setelahnya. FLRs yang terbentuk ada 18, karena datanya berjumlah 19.

Tabel 6. Fuzzifikasi

TAHUN	X_t	FUZZIFIKASI	FLRs
2004	418,400	A_{12}	$A_{12} \rightarrow A_{16}$
2005	450,500	A_{16}	$A_{16} \rightarrow A_{17}$
2006	466,800	A_{17}	$A_{17} \rightarrow A_{17}$
...
2020	301,820	A_1	$A_1 \rightarrow A_2$
2021	318,700	A_2	$A_2 \rightarrow A_2$
2022	309,790	A_2	-

Berikut aturan FLRs yang dibentuk dengan mengelompokkan semua FLR yang memiliki current state yang sama. Tiap FLRs akan dibuatkan aturan defuzzifikasi sesuai dengan FTS Lee. Penghitungan defuzzifikasi yang diperoleh berkisar antara 307,135-463,801 lebih sempit dari rentang data aktual yang berkisar antara 301,820 - 466,800. Hal ini akan berpengaruh pada hasil prediksi nantinya.

Perubahan rentang antara data aktual dan data hasil defuzzifikasi kemungkinan disebabkan oleh kecilnya nilai Z_1 dan Z_2 yang diasumsikan dalam penelitian ini. Sehingga dibutuhkan riset tambahan tentang penentuan nilai Z_1 dan Z_2 .

Tabel 7. FLRGs dan Defuzzifikasi

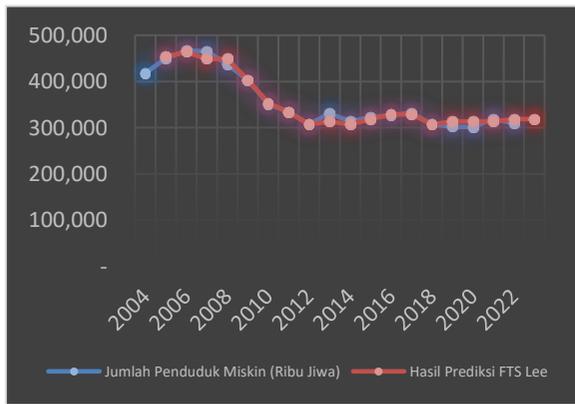
CURRENT STATE	FLRGs	ATURAN DEFUZZIFIKASI	NEXT STATE
A_1	$A_1 \rightarrow A_1, A_1, A_2, A_4$	$\frac{m_1 + m_1 + m_2 + m_4}{4}$	313,801
A_2	$A_2 \rightarrow A_2, A_3$	$\frac{m_2 + m_3}{2}$	318,801
A_3	$A_3 \rightarrow A_3, A_4$	$\frac{m_3 + m_4}{2}$	328,801
...
A_{15}	$A_{15} \rightarrow$	m_{15}	443,801
A_{16}	$A_{16} \rightarrow A_{17}$	m_{17}	463,801
A_{17}	$A_{17} \rightarrow A_{14}, A_{17}$	$\frac{m_{14} + m_{17}}{2}$	448,801

Prediksi dan Evaluasi

Prediksi dilakukan dengan mengubah kembali current state yang telah difuzzifikasi ke next state yang telah defuzzifikasi. Hasil peramalan jumlah penduduk miskin di Provinsi Sulawesi Tenggara ditunjukkan pada Tabel 8. Sedangkan perbandingan pergerakan data aktual dan prediksi dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 8. Hasil Prediksi, MFE, dan MAPE

TAHUN	AKTUAL	PREDIKSI	MFE	MAPE
2004	418,400	-	-	-
2005	450,500	453,801	-3,301	0,73%
2006	466,800	463,801	2,999	0,64%
2007	465,400	448,801	16,599	3,57%
2008	437,100	448,801	-11,701	2,68%
2009	403,100	403,801	-0,701	0,17%
2010	351,300	353,801	-2,501	0,71%
2011	334,300	333,801	0,499	0,15%
2012	307,900	307,135	0,765	0,25%
2013	330,800	313,801	16,999	5,14%
2014	314,100	307,135	6,965	2,22%
2015	321,900	318,801	3,099	0,96%
2016	326,860	328,801	-1,941	0,59%
2017	331,710	328,801	2,909	0,88%
2018	307,100	307,135	-0,035	0,01%
2019	302,580	313,801	-11,221	3,71%
2020	301,820	313,801	-11,981	3,97%
2021	318,700	313,801	4,899	1,54%
2022	309,790	318,801	-9,011	2,91%
2023		318,801		
		Jumlah	12,348	30,83%
		Rata-Rata	6,007	1,71%



Gambar 3. Perbandingan data aktual dan data hasil prediksi

Berdasarkan penelitian ini, penduduk miskin di Provinsi Sulawesi Tenggara pada tahun 2023 diprediksi sebanyak 318.801 jiwa. Gambar 3 menunjukkan bahwa peramalan dengan Average Based Fuzzy Time Series Lee telah dapat mengikuti pola pergerakan data dengan baik. Kesalahan peramalan ada pada rentang -11,981 hingga 16,599. Jumlah nilai error = 12,348 > 0 menunjukkan arah kesalahan prediksi yang cenderung over estimated. Namun angka 12,348 cenderung kecil jika dibandingkan dengan rata-rata data aktualnya = 357,903 atau sebesar 3,45%. Metode ini memiliki akurasi yang sangat baik. Hal ini ditunjukkan dengan nilai MAPE sebesar 1,71%. Keseluruhan nilai kesalahan absolut di bawah 5,5% dan 50% diantaranya memiliki keakuratan di bawah 1%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa FTS Model Lee sangat baik dalam meramalkan jumlah populasi penduduk miskin di Sulawesi Tenggara, dengan nilai MAPE sebesar 1,71% dengan kecenderungan peramalan yang underestimated sebesar 3,45% dari data aktualnya. Pada tahun 2023, jumlah penduduk miskin di Sulawesi Tenggara diperkirakan sebesar 318.801 jiwa.

Saran

Secara jangka pendek, FTS Model Lee berbasis rata-rata interval ini sangat direkomendasikan untuk menjadi alat peramalan, khususnya untuk penentuan jumlah penduduk miskin di Provinsi Sulawesi Tenggara. Untuk penelitian lebih lanjut dapat menggunakan FTS Model Lee yang telah dimodifikasi.

DAFTAR REFERENSI

- Rahmawati dkk. (2020). Prediksi Jumlah Wisatawan di Kota Pekanbaru pada Tahun 2019-2023 dengan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Chen. *Theta: Jurnal Pendidikan Matematika Vol. 2 No. 1 April 2020*. 2020. ISSN 2656-7172.
<https://journal.umbjm.ac.id/index.php/THETA/article/view/512>
- Solikhin & Yudatama, U. 2019. Fuzzy Time Series dan Algoritma Average-Based Length untuk Prediksi Pekerja Migran Indonesia. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK) Vol. 6, No. 4, Agustus 2019, hlm 369 – 376*.
<http://dx.doi.org/10.25126/jtiik.2019641177>
- Nabillah, I. & Ranggadara, I. (2020). Mean Absolut Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komuditas Laut. *Journal of Information System Vol. 5, No. 2, November 2020*, hlm 250-255. DOI: 10.33633/joins.v5i2.3900