

PERAMALAN DATA PRODUK DOMESTIK REGIONAL BRUTO DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA MENGGUNAKAN KOMBINASI *FUZZY TIME SERIES* CHEN DENGAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION*

Netaria Usmia¹, Noeryanti²

^{1,2}Jurusan Statistika, Fakultas Sains Terapan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: ¹netaria.usmia@gmail.com

Abstrak. Salah satu indikator keberhasilan pelaksanaan pembangunan ekonomi dicerminkan dari Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan pembangunan ekonomi daerah adalah membuat perencanaan pembangunan yang baik dan tepat sehingga diperlukan peramalan untuk melihat proyeksi PDRB masa mendatang. Prediksi PDRB Daerah Istimewa Yogyakarta sangatlah penting di tengah ketidakpastian perekonomian di masa pandemi Covid-19. Data PDRB merupakan data runtun waktu yang memiliki pola trend sehingga diharapkan metode yang cocok digunakan untuk meramalkan Produk Domestik Regional Bruto Daerah Istimewa Yogyakarta adalah metode *Fuzzy Time Series* Chen dengan algoritma *Particle Swarm Optimization*. *Particle Swarm Optimization* digunakan untuk mengoptimalkan interval *Fuzzy Time Series*. *Fuzzy time series* adalah metode prediksi data yang menggunakan konsep *fuzzy set* sebagai dasar perhitungannya yang dapat menangkap pola dari data masa lalu untuk memproyeksikan data yang akan datang. Peramalan PDRB berdasarkan data Triwulan I 2010 sampai dengan Triwulan IV 2020. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode FTS dengan algoritma PSO lebih baik dibandingkan FTS Chen tanpa PSO. Hasil peramalan *Fuzzy time series* PDRB DIY Triwulan I dan II 2021 menggunakan *Particle Swarm Optimization* didapat 6 lebar interval yang berbeda dari [15557230.52, 27896416.37] sehingga diperoleh hasil prediksi sebesar 26167334.76 juta rupiah dengan tingkat akurasi yaitu MAPE sebesar 3.40% dan nilai RMSE sebesar 875049.7.

Kata Kunci : Peramalan, PDRB, *Fuzzy Time Series* Chen, *Particle Swarm Optimization*.

Abstract. One indicator of the success of the implementation of economic development is reflected in the Gross Regional Domestic Product (GRDP). Efforts that can be made to increase regional economic development are making good and precise development plans so that forecasts are needed to see future GRDP projections. The prediction of the GRDP of Yogyakarta Special Region is very important in the midst of economic uncertainty during the Covid-19 pandemic. PDRB data is time series data that has a trend pattern so that it is expected that the suitable method used to predict the Gross Regional Domestic Product of Yogyakarta Special Region is the Fuzzy Time Series Chen method with the Particle Swarm Optimization algorithm. Particle Swarm Optimization is used to optimize the Fuzzy Time Series interval. Fuzzy time series is a data prediction method that uses the concept of fuzzy sets as the basis for calculations that can capture patterns from past data to project future data. PDRB forecasting is based on data from Quarter I 2010 to Quarter IV 2020. The analysis results show that the FTS method with PSO algorithm is better than FTS Chen without PSO. The results of forecasting Fuzzy time series PDRB DIY Quarter I and II 2021 using Particle Swarm Optimization obtained 6 different interval widths from [15557230.52, 27896416.37] so that the prediction results obtained are 26167334.76 million rupiah with an accuracy level of 3.40% MAPE and an RMSE value of 875049.7.

Keywords: Forecasting, PDRB, *Fuzzy Time Series*, *Particle Swarm Optimization*.

1. Pendahuluan

Pembangunan ekonomi dapat didefinisikan sebagai usaha-usaha untuk meningkatkan kualitas hidup suatu bangsa yang diukur dengan tinggi rendahnya pendapatan riil per kapita. Tujuan pembangunan ekonomi disamping untuk meningkatkan pendapatan riil nasional juga

untuk meningkatkan produktivitas dari berbagai bidang (Rinusara, 2020). Salah satu indikator keberhasilan pelaksanaan pembangunan ekonomi dicerminkan dari perubahan pendapatan perkapita yang berkelanjutan dan merata di semua daerah yang akan mendorong naiknya Produk Domestik Regional Bruto dari satu periode ke periode selanjutnya.

Pandemi Covid-19 menyebabkan dampak yang luas bagi kinerja perekonomian Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) pada tahun 2020. Ketidakpastian kapan berakhirnya pandemi Covid-19 mengakibatkan ketidakstabilan perekonomian di sebagian besar wilayah di Indonesia, termasuk Daerah Istimewa Yogyakarta.

Dalam melakukan perencanaan pembangunan ekonomi, diperlukan peramalan untuk melihat proyeksi PDRB masa mendatang sebagai tolak ukur kinerja perekonomian DIY kedepannya. Salah satu metode peramalan time series yaitu *Fuzzy Time Series*. Metode *Fuzzy Time Series* adalah metode prediksi data yang menggunakan konsep *fuzzy set* sebagai dasar perhitungannya yang dapat menangkap pola dari data masa lalu untuk memproyeksikan data yang akan datang. Keunggulan dari metode ini adalah mendefinisikan relasi fuzzy yang dibentuk dengan menentukan hubungan logika dari data training yang melibatkan himpunan *fuzzy* dari partisi himpunan universal (Jatipaningrum, 2016). *Fuzzy Time Series* dapat digunakan pada data runtun waktu dengan pola data trend maupun horizontal sehingga cocok digunakan pada data Produk Domestik Regional Bruto.

Namun, terdapat dua kelemahan model *Fuzzy Time Series* Chen yaitu kurangnya pertimbangan dalam menentukan semesta pembicaraan dan panjang interval dan pola perubahan trend data sebelumnya diabaikan (Ujianto & Irawan, 2015). Padahal panjang interval dapat mempengaruhi nilai akurasi metode *Fuzzy Time Series* sehingga diperlukan metode untuk menentukan interval pembicara pada *Fuzzy Time Series*. Salah satunya yaitu optimasi interval *Fuzzy Time Series* dengan *Particle Swarm Optimization*. *Particle Swarm Optimization (PSO)* merupakan salah satu metode optimasi dalam swarm intelligence yang terinspirasi dari perilaku sosial yang terdapat di alam (Rifandi, et al., 2018). *Fuzzy Time Series* dikombinasikan dengan metode optimasi *Particle Swarm Optimization (PSO)* untuk mengoptimasi interval fungsi keanggotaan *fuzzy* sehingga diharapkan metode ini lebih baik dibandingkan metode *Fuzzy Time Series* Chen biasa dalam meramalkan PDRB Daerah Istimewa Yogyakarta.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, maka perlu adanya penelitian mengenai prediksi PDRB di Daerah Istimewa Yogyakarta untuk masa mendatang yang diberi judul “Peramalan Data Produk Domestik Regional Bruto Menggunakan Kombinasi *Fuzzy Time Series* Chen dengan *Particle Swarm Optimization*”.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan variabel univariat dengan data *time series*. Adapun variabel tersebut adalah data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Atas Dasar Harga Konstan (ADHK) Tahun 2010 atau PDRB riil triwulanan dengan satuan juta rupiah. Data untuk penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta pada website yogyakarta.bps.go.id. Data yang diambil merupakan data dari tahun 2010 triwulan I sampai tahun 2020 triwulan IV sebanyak 44 data.

Metode yang digunakan untuk menganalisis data adalah analisis deskriptif, peramalan *Fuzzy Time Series* Chen dan *Fuzzy Time Series* dengan *Particle Swarm Optimization*. Berikut langkah-langkah yang perlu dilakukan:

- 1) Mendeskripsikan variabel dengan *software Microsoft Excel* menggunakan fitur grafik.
- 2) Melakukan analisis *Fuzzy Time Series* dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Pembentukan himpunan semesta menggunakan persamaan berikut.

$$U = [D_{\min} - D1; D_{\max} + D2]$$

Penentuan lebar interval menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Panjang interval} = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{\text{jumlah interval}}$$

Dengan jumlah interval ditentukan menggunakan rumus Sturges.

$$\text{Jumlah interval} = 1 + 3,322 \log(n)$$

Selanjutnya menentukan nilai linguistik yang difuzzifikasi dan mendefinisikan himpunan *fuzzy* pada himpunan semesta.

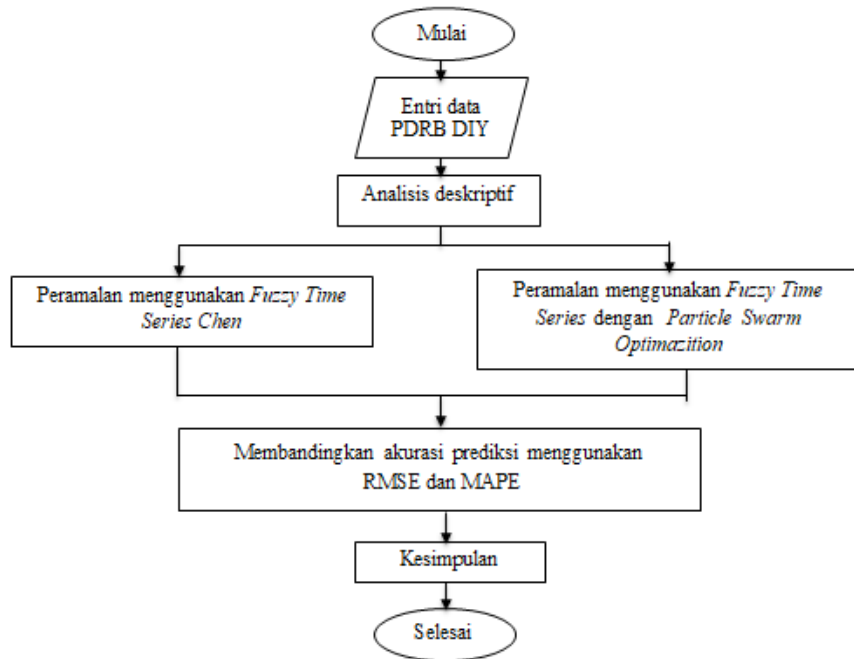
- b. Melakukan fuzzifikasi pada data PDRB.
- c. Menentukan *Fuzzy Logic Relations* (FLR) dan *Fuzzy Logic Relations Group* (FLRG).
- d. Melakukan proses defuzzifikasi dan melakukan perhitungan prediksi data PDRB menggunakan persamaan berikut.

$$F(t) = \frac{\sum mi}{k}$$

Dengan m_i adalah nilai tengah dari $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ dan k banyak data A_i .

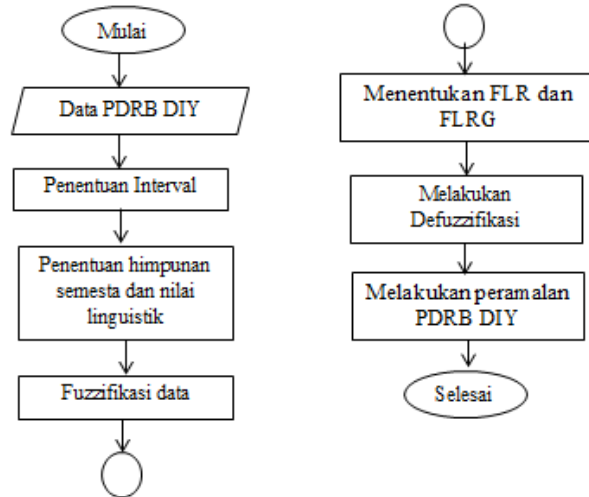
- e. Melakukan peramalan dengan mendefinisikan nilai linguistik ke dalam nilai prediksi yang diperoleh dari defuzzifikasi.
- 3) Melakukan analisis *Fuzzy Time Series* menggunakan *Particle Swarm Optimization* dengan langkah-langkah sebagai berikut:
- a. Menentukan Semesta Pembicaraan (*Universe of Discourse*)
 - b. Inialisasi posisi (P_i) dan kecepatan (V_i) untuk $1 \leq i \leq N$, di mana N merupakan jumlah partikel.
Masukkan parameter PSO yang terdiri dari jumlah partikel, jumlah iterasi, bobot inersia (w), kombinasi $c1$ dan $c2$ serta nilai $r1$ dan $r2$. Parameter ditentukan secara acak oleh peneliti.
 - c. Membagi Semesta Pembicaraan yang telah dibuat menjadi beberapa interval berdasarkan posisi partikel. Jumlah interval dapat ditentukan.
 - d. Analisis *Fuzzy Time Series* setiap partikel.
 - e. Menghitung nilai cost dari partikel i menggunakan nilai error hasil perhitungan pada langkah sebelumnya.
 - f. Pemilihan $Pbest$ dan $Gbest$.
Memperbarui posisi terbaik ($Pbest$) dari partikel i berdasarkan nilai cost partikel tersebut pada iterasi saat ini dibandingkan dengan iterasi sebelumnya.
 - g. Memperbarui posisi terbaik dari keseluruhan partikel ($Gbest$) dari berdasarkan nilai $Pbest$ terkecil atau terbesar (tergantung permasalahan meminimumkan atau memaksimumkan fungsi objektif) dari seluruh partikel.
Menghitung kecepatan partikel menggunakan persamaan berikut.
 $V_i(t+1) = \omega \cdot V_i(t) + c1 \cdot r1 (Pbest - P_i(t)) + c2 \cdot r2 (Gbest - P_i(t))$
Kemudian memperbarui posisi partikel menggunakan persamaan berikut.
 $P_i(t+1) = P_i(t) + V_i(t+1)$
Keterangan:
 $V_i(t+1)$: kecepatan partikel dimensi ke i terbaru pada iterasi terbaru $t+1$
 ω : bobot inersia
 $V_i(t)$: kecepatan partikel dimensi ke i pada iterasi t
 $c1, c2$: konstanta percepatan positif (koefisien kognitif dan koefisien sosial)
 $r1, r2$: bilangan random dalam range $[0,1]$
 $P_i(t)$: posisi partikel dimensi ke i pada iterasi t
 $P_i(t+1)$: posisi partikel dimensi ke i pada iterasi terbaru $t+1$
 - h. Untuk masing-masing partikel ulangi langkah d-g. Selama solusi optimal belum ditemukan atau belum mencapai iterasi maksimum.
 - i. Setelah menemukan solusi dan nilai optimal lanjut analisis *FTS* menggunakan interval optimum yang diperoleh dari hasil analisis *PSO*.
- 4) Menghitung tingkat akurasi peramalan dengan RMSE dan MAPE.

Secara garis besar, tahapan penelitian pada penelitian ini dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir seperti pada berikut:



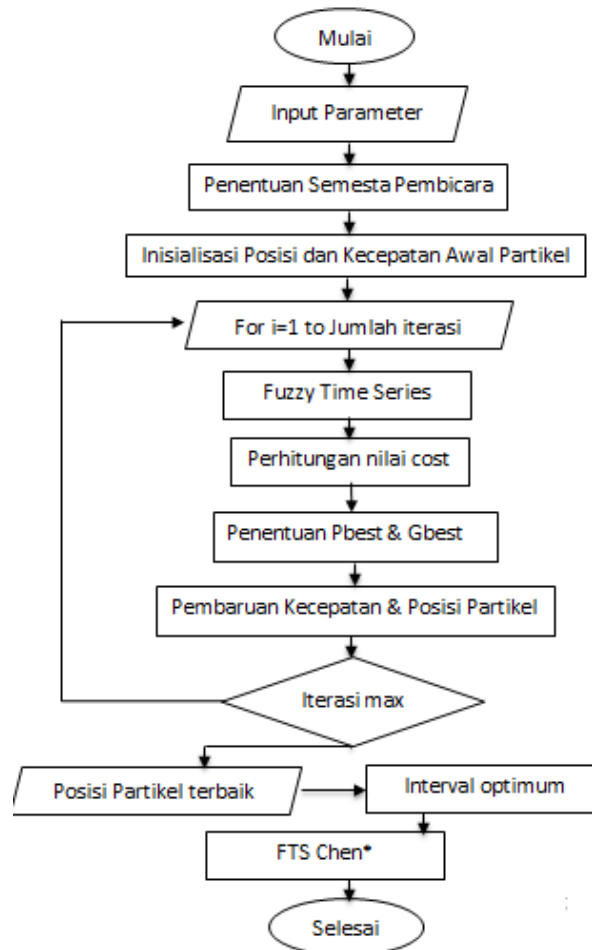
Gambar 1 diagram alir tahapan penelitian

Alur analisis *Fuzzy Time Series* disajikan dalam gambar 3.2 berikut.



Gambar 2.2 diagram alir analisis *Fuzzy Time Series* Chen

Alur analisis *FTS* dengan *PSO* disajikan dalam gambar 3.3 berikut.



Gambar 3 diagram alir *Fuzzy Time Series* dengan *Particle Swarm Optimization*

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut merupakan ringkasan data aktual dan hasil peramalan PDRB DIY dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Chen.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Peramalan FTS-Chen

Periode	Data aktual	Peramalan
T-I 2010	15705978.03	NA
T-II 2010	15557230.52	17613761.50
T-III 2010	16822368.02	17613761.50
T-IV 2010	16593391.63	17613761.50
...
T-I 2020	25385294.15	25839885.40
T-II 2020	23695003.24	24811619.91
T-III 2020	25887423.89	24811619.91
T-IV 2020	26711878.89	25839885.40
T-I 2021		25839885.42
T-II 2021		25839885.42

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa nilai prediksi PDRB Daerah Istimewa Yogyakarta untuk satu periode ke depan (Triwulan I 2021) adalah sebesar 25839885.42 juta rupiah (yang didefinisikan dari nilai linguistik pada periode T-IV 2020 sebelumnya). Untuk perhitungan prediksi PDRB pada periode selanjutnya (Triwulan II 2021) mengikuti langkah-langkah pada perhitungan prediksi periode Triwulan I 2021. Hasil prediksi PDRB Triwulan II 2021 adalah sebesar 25839885.42 juta rupiah.

Selanjutnya kombinasi *Fuzzy Time Series* dengan *Particle Swarm Optimization*. Dalam penentuan parameter PSO dilakukan pengujian terhadap beberapa jumlah partikel dan jumlah maksimum iterasi. Analisis perbandingan hasil prediksi menggunakan beberapa parameter yang disajikan dalam tabel 2 berikut.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Prediksi Beberapa Parameter

Jumlah Partikel	Max iterasi	Hasil Prediksi	MAPE (%)
5	50	26166499	4.19
	100	26511978	7.11
10	50	26167335	3.40
	100	25841780	5.59
20	50	24914544	4.79
	100	25804886	4.78
100	50	26702026	4.54
	100	25655974	4.40

Berdasarkan beberapa pengujian tersebut, diketahui bahwa parameter optimum yaitu jumlah partikel 10 dan jumlah iterasi 50 karena memiliki nilai error (MAPE) paling kecil. Jadi, semakin banyak partikel dan jumlah iterasi tidak mempengaruhi ketepatan peramalan PDRB. Selain itu, peneliti juga menggunakan parameter bobot inersia 0.7, c_1 1.5 dan c_2 1.5 diperoleh interval optimum sebagai berikut.

Tabel 3. Interval optimum himpunan fuzzy

Himpunan Fuzzy	Batas bawah	Batas atas	Nilai tengah
A1	15557230.52	16413689.12	15985459.82
A2	16413689.12	17825901.73	17119795.43
A3	17825901.73	21097293.52	19461597.63
A4	21097293.52	22823733.50	21960513.51
A5	22823733.50	25001884.57	23912809.04
A6	25001884.57	27896416.37	26449150.47

Dari interval optimum yang diperoleh dari analisis *Particle Swarm Optimization* pada tabel 3 diperoleh hasil peramalan *Fuzzy Time Series* dengan menggunakan interval *Particle Swarm Optimization* sebagai berikut.

Tabel 4. Ringkasan Hasil Peramalan FTS dengan PSO

Periode	PDRB	Peramalan
T-I 2010	15705978.03	-
T-II 2010	15557230.52	16552627.62
T-III 2010	16822368.02	16552627.62
T-IV 2010	16593391.63	17412520.7
⋮	⋮	⋮
T-I 2020	25385294.15	26167334.76

Periode	PDRB	Peramalan
T-II 2020	23695003.24	26167334.76
T-III 2020	25887423.89	24927345.61
T-IV 2020	26711878.89	26167334.76
T-I 2021		26167334.76
T-II 2021		26167334.76

Berdasarkan Tabel 3 didapat bahwa nilai prediksi PDRB Daerah Istimewa Yogyakarta untuk satu periode ke depan (Triwulan I 2021) adalah sebesar 26167334.76 juta rupiah. Untuk perhitungan prediksi PDRB pada periode selanjutnya (Triwulan II 2021) mengikuti langkah-langkah pada perhitungan prediksi periode Triwulan I 2021. Hasil prediksi PDRB Triwulan II 2021 adalah sebesar 26167334.76 juta rupiah.

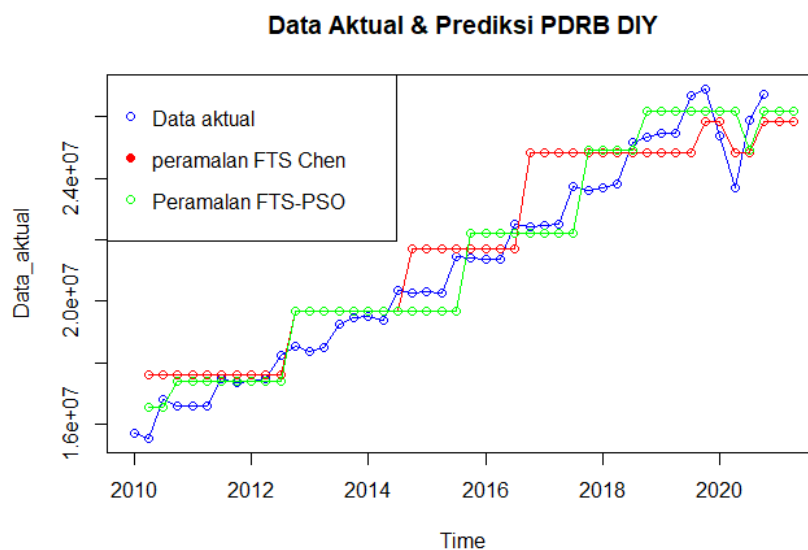
Perhitungan tingkat akurasi nilai kesalahan prediksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang dihitung menggunakan persamaan (2.3) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) yang dihitung menggunakan persamaan (2.2). Hasil nilai MAPE dan RMSE pada *FTS-Chen* dan kombinasi *FTS* dengan *PSO* disajikan pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5 Tingkat akurasi peramalan *FTS* Chen dan *PSO*

Metode	MAPE		RMSE
<i>FTS</i> Chen	0.04325	4.33%	1092876.32
<i>FTS</i> dengan <i>PSO</i>	0.03399	3.40%	875049.7

Berdasarkan Tabel 4.31 di atas diketahui bahwa nilai MAPE dari metode *FTS-Chen* dan *FTS* dengan *PSO* kecil dari 10% artinya metode *Fuzzy Time Series* sangat baik untuk meramalkan PDRB DIY. Namun, metode *FTS* dengan pengoptimalan interval menggunakan *PSO* lebih baik dibandingkan *FTS* model Chen biasa karena memiliki nilai kesalahan prediksi (MAPE dan RMSE) lebih kecil.

Perbandingan data aktual dan prediksi menggunakan *FTS* Chen dan *FTS-PSO* dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4 Perbandingan Akurasi *FTS* Chen dan *FTS-PSO*

Dari gambar 4 dapat di lihat bahwa hasil peramalan FTS-PSO lebih baik dibanding FTS Chen karena pola data hasil prediksi FTS-PSO lebih mendekati pola data aktual PDRB DIY. Berdasarkan hasil prediksi PDRB DIY dari kedua metode tersebut diketahui bahwa PDRB DIY periode Triwulan I 2021 diprediksi lebih rendah dibanding data aktual PDRB DIY Triwulan IV 2020.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Chen dan kombinasi dengan Algoritma *PSO*, diperoleh kesimpulan bahwa:

- 1) Data PDRB harga riil Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta pada periode triwulan I 2010 sampai triwulan IV 2020 dengan 44 data didapat total PDRB sebesar 927248899.1 juta rupiah dengan rata-rata sebesar 21073838.62 juta rupiah. PDRB terendah sebesar 15557230.52 juta rupiah dan PDRB tertinggi sebesar 26896416.37 juta rupiah. Dengan pola data trend.
- 2) Hasil peramalan PDRB DIY Triwulan I dan II 2021 dengan menggunakan *Fuzzy Time Series* Chen sebesar 25839885.42 juta rupiah.
- 3) Hasil peramalan *Fuzzy Time Series* PDRB DIY Triwulan I dan II 2021 menggunakan *Particle Swarm Optimization* didapat 6 lebar interval yang berbeda dari [15557230.52, 27896416.37] sehingga diperoleh hasil prediksi sebesar 26167334.76 juta rupiah.
- 4) Nilai MAPE dari metode *FTS* Chen adalah 4.33% dengan nilai RMSE sebesar 1092876.32. Sedangkan nilai MAPE dari metode *FTS* dengan *PSO* adalah 3.40% dengan nilai RMSE sebesar 875049.7. Metode *FTS* dengan pengoptimalan interval menggunakan *PSO* lebih baik dibandingkan *FTS* model Chen biasa karena memiliki nilai kesalahan prediksi (MAPE dan RMSE) lebih kecil.

Daftar Pustaka

- [1] Cholissodin I & Riyandani E, 2016, *SWARM INTELLIGENCE*, Universitas Brawijaya, Malang.
- [2] Darmayanti EY, Setiawan BD & Bachtiar FA, 2018, *Particle Swarm Optimization* Untuk Optimasi Bobot Extreme Learning Machine Dalam Memprediksi Produksi Gula Kristal Putih Pabrik Gula Candi Baru-Sidoarjo, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, II(11), pp. 5096-5104, Malang.
- [3] Fauziah N, Wahyuningsih S, & Nasution YN, 2016, Peramalan Menggunakan *Fuzzy Time Series* Chen (Studi Kasus: Curah Hujan Kota Samarinda), *Jurnal Statistika*, Semarang.
- [4] Handoyo S & Prasajo APS, 2017, *Sistem Fuzzy Terapan dengan Software R*, UB Press, Malang.
- [5] Insani F & Sari AP, 2020, Optimasi Interval *Fuzzy Time Series* dengan *Particle Swarm Optimization* untuk Prediksi Kualitas Air di Pekan Baru, *Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining (IJAIMD)*, Maret, III(1), pp. 36-41, Pekanbaru.
- [6] Jatipaningrum MT, 2016, Peramalan Data Produk Domestik Bruto dengan *Fuzzy Time Series* Markov Chain, *Jurnal Teknolog*, IX(No. 1), pp. 31-38, Yogyakarta.
- [7] Mahnam M & Ghom S, 2012, A *Particle Swarm Optimization* Algorithm for Forecasting Based on Time Variant *Fuzzy Time Series*, *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, XXIII(4), pp. 269-276, Iran.
- [8] Makridakis dkk, 1999, *Metode dan Aplikasi Peramalan*, 2, Binarupa Aksara, Jakarta.
- [9] Prasajo CA, Setiawan BD & Marji, 2018, Optimasi *Fuzzy Time Series* Menggunakan Algoritma *Particle Swarm Optimization* Untuk Peramalan Jumlah Penduduk Di Kabupaten Probolinggo. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Agustus, II(8), pp. 2791-2799, Malang.

- [10] Rachim F, Tarno & Sugito, 2020, PERBANDINGAN *FUZZY TIME SERIES* DENGAN METODE CHEN DAN METODE S. R. SINGH (Studi Kasus : Nilai Impor di Jawa Tengah Periode Januari 2014 – Desember 2019), *Gaussian*, IX(3), pp. 306 - 315, Semarang.
- [11] Rahmawati dkk, 2020, Prediksi Jumlah Wisatawan di Kota Pekanbaru Pada Tahun 2019-2023 dengan Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Chen, *Jurnal Pendidikan Matematika*, pp. 36-44, Riau.
- [12] Rifandi ADA, Setiawan BD & Tibyani, 2018, Optimasi Interval *Fuzzy Time Series* Menggunakan *Particle Swarm Optimization* pada Peramalan Permintaan Darah : Studi Kasus Unit Transfusi Darah Cabang - PMI Kota Malang, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Juli, II(7), pp. 2770-2779, Malang.
- [13] Rinusara, NM, 2020, ANALISIS KETIMPANGAN EKONOMI WILAYAH ANTAR KABUPATEN/KOTA DI PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA. *Jurnal Ilmiah*. Yogyakarta.
- [14] Setiawan A, Yanto, B & Yasdomi, K, 2018 *Logika Fuzzy Dengan MATLAB*, Jayapangus Press, Bali.
- [15] Sugumonrong DP, dkk, 2019, Prediksi Harga Emas Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Model Algoritma Chen. *INFORMATICS ENGINEERING RESEARCH AND TECHNOLOGY*, Volume I, pp. 48-58, Medan.
- [16] Tim BPS DIY, 2021, Laporan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2020, Badan Pusat Statistik DIY, Yogyakarta.
- [17] Ujianto Y & Irawan MI, 2015, Perbandingan Performansi Metode Peramalan *Fuzzy Time Series* yang Dimodifikasi dan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation (Studi Kasus: Penutupan Harga IHSG), *JURNAL SAINS DAN SENI*, pp. 31-36, Surabaya.