

METODE FUZZY TIME SERIES MODEL CHEN UNTUK MEMPREDIKSI JUMLAH KASUS AKTIF COVID-19 DI INDONESIA

Arif Ikhsanudin¹⁾, Kartika Imam Santoso²⁾, Sugeng Wahyudiono³⁾

¹⁾*Teknik Informatika STMIK BINA PATRIA*

²⁾*Sistem Informasi STMIK BINA PATRIA*

³⁾*Manajemen Informatika STMIK BINA PATRIA*

email: arif.ikhsanudin.id@gmail.com¹⁾, kartikaimams@gmail.com²⁾,
farosgisaka@gmail.com³⁾

Abstract

In 2021, new cases of COVID-19 continue to be increase in Indonesia every day, so this pandemic can be said to be still not over. Estimates of the number of active cases in the next day can be used to make policies, as far as prepare stocks of medical equipment needs. This study presents the use of the Chen model Fuzzy Time Series to predict the number of active COVID-19 cases in Indonesia in the next one day based on data from the past 30 days. Official government data is used as actual data to calculate predicted results. The results of this study show that in the range of 30 days from July 19, 2021, to August 17, 2021, using the Chen model Fuzzy Time Series method to predict the number of active COVID-19 cases in Indonesia, forecasting on 18 August 2021 with cases of 376,339 with an error ratio MAPE of 3.53% which is included in the category of very good forecasting.

Keywords: COVID-19, Coronavirus, Fuzzy Time Series, Chen, Prediction.

Abstrak

Pada tahun 2021 masih terus terjadi penambahan kasus baru COVID-19 di Indonesia tiap harinya sehingga pandemi ini bisa dikatakan masih belum selesai. Perkiraan jumlah kasus aktif pada hari selanjutnya dapat digunakan untuk membuat kebijakan, hingga mempersiapkan stok kebutuhan peralatan medis. Penelitian ini menyajikan penggunaan *Fuzzy Time Series Model Chen* untuk memprediksi jumlah kasus aktif COVID-19 di Indonesia pada satu hari kedepan berdasarkan data dari 30 hari ke belakang. Data resmi pemerintah digunakan sebagai data aktual untuk menghitung hasil prediksi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dalam kisaran 30 hari dari tanggal 19 Juli 2021 hingga 17 Agustus 2021 dengan metode *Fuzzy Time Series Model Chen* untuk memprediksi jumlah kasus aktif COVID-19 di Indonesia menghasilkan peramalan pada tanggal 18 Agustus 2021 dengan kasus sebesar 376.339 dengan rasio kesalahan MAPE sebesar 3,53% yang termasuk dalam kategori peramalan sangat baik.

Kata kunci: COVID-19, Coronavirus, Fuzzy Time Series, Chen, Prediksi.

1. Pendahuluan

Pada bulan Desember 2019 lalu, kasus pneumonia misterius pertama kali dilaporkan di Wuhan, Provinsi Hubei. Sejak 31 Desember 2019 hingga Januari 2020 kasus ini meningkat pesat, ditandai dengan dilaporkannya sebanyak 44 kasus. Tidak sampai satu bulan penyakit ini telah menyebar di berbagai provinsi lain di China, Thailand, Jepang, dan Korea Selatan. Sampel yang diteliti menunjukkan etiologi *coronavirus* baru. Awalnya penyakit ini dinamakan sementara sebagai 2019 *novel coronavirus* (2019-nCoV) kemudian WHO mengumumkan nama baru pada 11 Februari 2020 yaitu

Coronavirus Disease (COVID-19) yang disebabkan oleh virus *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2* (SARS-CoV-2) (Susilo, et al., 2020).

Saat laporan ini ditulis, masih terus terjadi penambahan kasus baru COVID-19 di Indonesia setiap harinya sehingga pandemi ini bisa dikatakan masih belum selesai. Perkiraan jumlah kasus aktif pada hari selanjutnya dapat digunakan untuk membuat kebijakan, hingga mempersiapkan stok kebutuhan peralatan medis.

Penyebaran virus COVID-19 semakin hari semakin menyebar di Indonesia sehingga dibutuhkan suatu metode untuk memprediksi jumlah penyebarannya. Salah satu metode peramalan yang digunakan yaitu *Fuzzy Time Series*. *Fuzzy Time Series* adalah salah satu metode yang telah digunakan dalam analisis data runtun waktu. *Fuzzy time series* bertujuan untuk memprediksi data runtun waktu yang digunakan secara luas pada data apa saja secara *real time*. Dalam penelitian ini digunakan metode *fuzzy time series* model Chen untuk memprediksi kasus COVID-19 di Indonesia.

2. Kajian Literatur

Metode *Fuzzy Tsukamoto* dan metode *Backpropagation* dapat dikombinasikan untuk memperoleh sebuah model penambahan kasus COVID-19 di Indonesia dengan menggunakan percobaan *epoch* 1000, *learning rate* 0,0075, dan momentum 0,75. Sehingga diperoleh nilai koefisien korelasi atau $R = 0,84278$ dan simulasi prediksi menghasilkan nilai MSE untuk data normalisasi adalah 1,632337 (Arianto & Pui, 2020).

Prediksi kapan virus COVID-19 berakhir di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) menggunakan metode prediksi yang digunakan adalah permodelan matematika tentang epidemi berbasis SIR dengan menggabungkan metode *Ordinary Least Square*, *Nelder-Mead Simpleks*, dan *Runge-Kutta* orde 4. Model SIR merupakan model epidemi yang dilakukan dengan mengelompokkan populasi ke dalam tiga kelas yang saling asing, yaitu kelas individu rentan yang dapat terinfeksi (*susceptible* = S), kelas individu terinfeksi (*Infected* – I), dan kelas individu yang sembuh dari sakit (*Recovered* – R). selanjutnya, ketika individu-individu di ketiga kelas tersebut saling berinteraksi, maka banyaknya individu pada kelas terinfeksi dan kedua kelas lainnya pada waktu tertentu dapat diketahui. Hasil dari model SIR dapat disimpulkan bahwa dengan asumsi banyaknya OTG sama dengan banyaknya ODP di masyarakat, maka penyebaran COVID-19 diperkirakan baru akan menurun secara signifikan pada bulan Agustus 2020 (Kusumo, Susyanto, Endrayanto, & Meliala, 2020).

Perbandingan model Chen dan model Cheng pada algoritma *Fuzzy Time Series* untuk memprediksi harga bahan pokok. sistem prediksi harga bahan pokok menggunakan *Fuzzy Time Series* pada model Chen dan model Cheng dapat memberikan hasil prediksi harga cabai menggunakan model Chen dengan hasil MAPE 18,25% dan model Cheng dengan hasil MAPE 10,46%. Hasil dari Pada harga bawang merah menggunakan model Chen dengan hasil MAPE 10,52% dan model Cheng dengan hasil MAPE 6,99%. Pada harga beras menggunakan model Chen dengan hasil MAPE 6,30% dan model Cheng dengan hasil MAPE 2,67% (Fadhillah, Bettiza, & Ritha, 2017).

Perubahan pola curah hujan dengan melihat dan menganalisis pola hujan yang akan terbentuk ke depannya diramalkan menggunakan metode *Fuzzy Time Series*. Peramalan dengan metode *Fuzzy Time Series* meliputi: 1) Mencari Himpunan Semesta. 2) Perhitungan Interval Berbasis Rata-rata. 3) Menentukan Himpunan *Fuzzy*. 4) Fuzzifikasi. 5) Menentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR). 5) Menentukan *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG). 6) Defuzzifikasi. Hasilnya adalah penggunaan metode *Fuzzy Time Series* dalam aplikasi memungkinkan sistem untuk menentukan pola data *time series* yang digunakan kemudian memproyeksikan pola data tersebut untuk

memperoleh hasil prediksi. Nilai MAPE (*Mean Average Percentage Error*) bervariasi tergantung jumlah data dan jumlah interval (Desmonda, Tursina, & Irwansyah, 2018).

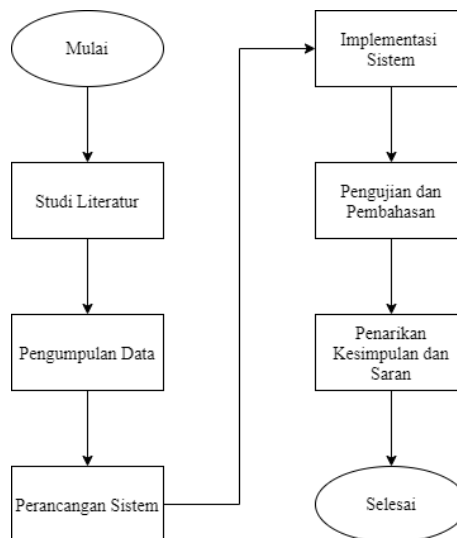
Metode *Fuzzy Time Series* yang dikembangkan oleh Chen (1996) untuk meramalkan curah hujan Kota Samarinda bulan Juni 2016. Sedangkan data yang digunakan adalah bulan Januari 2013 sampai Mei 2016. Metode yang digunakan adalah *Fuzzy Time Series* Chen dengan penentuan interval berbasis rata-rata. Hasil peramalan curah hujan Kota Samarinda menggunakan *Fuzzy Time Series* Chen dengan penentuan interval berbasis rata-rata berdasarkan data curah hujan Kota Samarinda bulan Januari 2011 sampai Mei 2016 diperoleh hasil peramalan untuk bulan Juni 2016 adalah sebesar 268 mm (Fauziah, Wahyuningsih, & Nasution, 2016)..

Peramalan kenaikan harga daging sapi berdasarkan data historis yang sudah ada di Kabupaten Malang menggunakan metode *Fuzzy Time Series* (FTS). Berdasarkan hasil pengujian menggunakan 21 data harga daging di Kabupaten Malang pada tahun 2016 dan 2017, didapatkan akurasi peramalan sebesar 57 % (Gumelar, Putri, & Indriati, 2018)..

Penerapan *Deep Learning* yang merupakan salah satu cabang *Machine Learning* yang dimodelkan berdasarkan sistem syaraf manusia digunakan untuk memprediksi kasus Covid-19 di Indonesia. Dataset yang digunakan berupa data *time series* atau deret waktu yang disajikan perhari secara berurutan yang dikumpulkan dari situs kawal informasi seputar Covid-19 dimulai dari 2 Maret 2020 hingga 31 Oktober 2020. Metode penelitian yang digunakan adalah: *Dataset, Training Data, Deep Learning, Model, Testing Data*, Pengujian MSE dan Akurasi. Evaluasi metrik standar yang digunakan menggunakan RMSE. Di mana RMSE adalah presentase perbedaan antara variabel prediksi dan pengujian. Hasil prediksi kasus aktif Covid-19 menggunakan *Deep Learning* dievaluasi berdasarkan hasil akurasi dan RMSE. Hasil akurasi yang didapatkan dengan menggunakan *Deep Learning* yaitu sebesar 81.3333% dengan RMSE sebesar 0.0032 (Syafa'ah & Lestandy, 2021)..

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Model Chen. Alur penelitian yang secara umum dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Alur Penelitian

a. Studi Literatur

Tahapan studi literatur merupakan tahapan untuk mencari referensi sebagai landasan kerangka berpikir yang berkaitan dengan penelitian tentang pengembangan sistem peramalan kasus COVID-19 serta metode *Fuzzy Time Series* model Chen sehingga didapatkan konsep dasar, teori dasar, dan metode yang akan diterapkan.

Berikut ini merupakan literatur yang digunakan: Penelitian sebelumnya, *Fuzzy, Time Series, Fuzzy Time Series, Fuzzy Time Series* model Chen, COVID-19, *web server*, dan *black box testing*.

b. Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah cara yang digunakan untuk mengumpulkan informasi atau fakta yang ada di lapangan. Peneliti mencari data statistik COVID-19 yang valid dan kredibel dari situs pemerintah Indonesia (data.covid19.go.id) serta KawalCOVID19.

c. Perancangan Sistem

Tahapan perancangan sistem digunakan sebagai referensi untuk melakukan perancangan arsitektur yang akan di implementasikan menjadi sebuah sistem. Dalam sistem peramalan kasus aktif COVID-19, dilakukan perancangan dengan metode terstruktur, *Context Diagram*, DFD, antarmuka sistem serta alur distribusi data.

d. Implementasi Sistem

Pengembangan sistem dilakukan setelah proses perancangan terpenuhi sehingga mendapatkan sistem yang sesuai dengan kebutuhan. Dalam penelitian ini proses implementasi algoritma menggunakan bahasa pemrograman JavaScript dan *framework* Nuxt.js. Sistem ini di publikasikan dengan layanan *Platform as a Service* (PaaS).

e. Pengujian dan Pembahasan

Proses pengujian peramalan dilakukan dengan menggunakan ukuran ketepatan peramalan yang bertujuan untuk menghasilkan ramalan optimum yang memiliki tingkat kesalahan sekecil mungkin. Ukuran ketepatan peramalan yang digunakan adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Sementara itu pengujian perangkat lunak dilakukan dengan *black box testing*. Pengujian *black box* menggunakan *validation testing* berdasarkan kasus uji yang teridentifikasi.

f. Penarikan Kesimpulan dan Saran

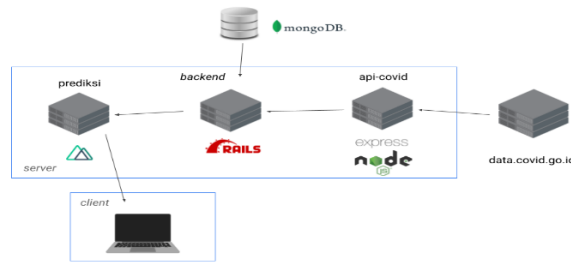
Proses pengambilan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dari pengujian terhadap sistem yang telah dibangun serta analisis terhadap pengujian tersebut. Proses penulisan saran dilakukan untuk memberikan masukan atau perbaikan terhadap pengembangan penelitian selanjutnya.

4. Hasil dan Pembahasan

a. Perancangan Sistem

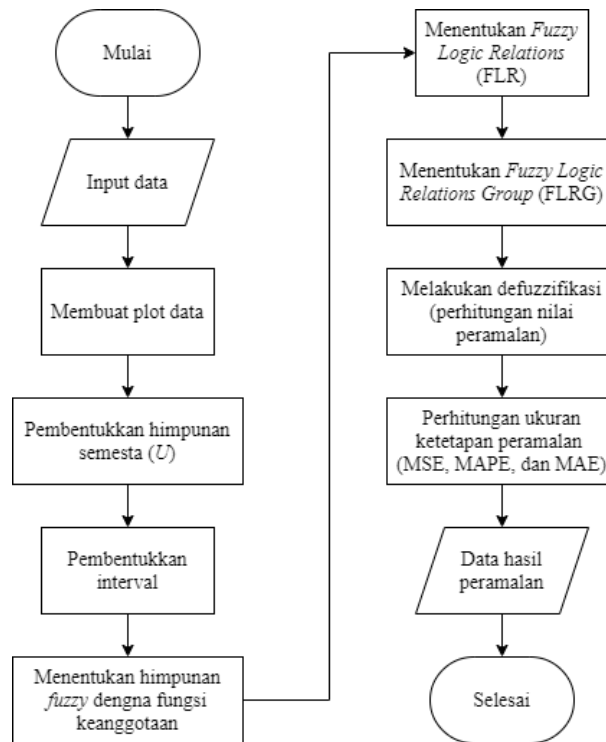
Perancangan sistem untuk memprediksi jumlah kasus aktif COVID-19 menggunakan metode terstruktur yang terdiri dari rancangan dekomposisi diagram, rancangan konteks diagram, dan rancangan DFD. Pemodelan ini bertujuan untuk menjelaskan setiap proses yang terjadi dalam sistem beserta aliran data yang terjadi dalam setiap proses. Peneliti memilih untuk menggunakan metode terstruktur karena dalam sistem ini tidak memiliki banyak aktor dan *usecase*.

Sistem ini dirancang dengan menggunakan tiga *web server*, dua bahasa pemrograman, dan tiga *webframework*. Karena peneliti ingin mencoba untuk menggunakan beragam *software* yang memiliki kelebihan masing-masing untuk membangun sebuah sistem peramalan. Gambar di bawah ini adalah diagram arsitektur *web server*nya.



Gambar 2. Arsitektur Web Server

- 1). Situs data.covid19.go.id
Dimulai dari sumber data, yaitu situs data.covid19.go.id. Situs ini adalah penyedia data jumlah kasus COVID-19 di Indonesia. Situs ini dikelola oleh pemerintah. Peneliti mengambil data dari situs ini karena sumbernya terpercaya. Selain itu datanya juga diperbarui setiap hari.
 - 2). Web Server API-COVID
Web server ini dibuat untuk mengambil data dari data.covid19.go.id kemudian digunakan untuk menyuplai data pada *web server* peramalan.
 - 3). Web Server Backend
Digunakan untuk menyimpan data kasus COVID-19 dari *web server* API-COVID ke dalam database MongoDB. Fungsinya adalah sebagai *backup* apabila situs data pemerintah mengalami gangguan.
 - 4). Web Server Prediksi
Web server ini digunakan untuk melakukan prediksi atas data yang didapat dari *web server backend*. Metode *Fuzzy Time Series Model* Chen diubah ke dalam algoritma sehingga *web server* bisa melakukan prediksi pada data yang diperoleh secara *real time*.
 - 5). Perangkat Klien
Sistem ini diakses oleh klien melalui *web server* prediksi. Perangkat yang dipakai oleh klien adalah salah satu bagian dalam arsitektur di atas yang tidak memerlukan spesifikasi khusus. Perangkat yang digunakan bisa berupa *smartphone*, tablet, laptop atau *personal computer* (PC) karena siapa saja bisa menjadi pengguna dari sistem ini.
- b. Analisis Perancangan Algoritma *Fuzzy Time Series Model* Chen
Pada tahap ini akan dibahas mengenai tahap peramalan. Berikut ini adalah proses algoritma *Fuzzy Time Series model* Chen.



Gambar 3. Flowchart Algoritma Fuzzy Time Series Model Chen

1). Pengumpulan data

Data kasus aktif COVID-19 yang digunakan pada penelitian ini adalah 30 buah karena mengambil rata-rata berdasarkan tinjauan pustaka yang digunakan. Data yang dipakai dimulai dari 19 Juli 2021 sampai dengan 17 Agustus 2021 karena menyesuaikan data terbaru pada saat penelitian ini dilakukan.

Tabel 1. Kasus Aktif COVID-19 di Indonesia pada Tanggal 19 Juli 2021 sampai dengan 17 Agustus 2021

Tanggal	Kasus Aktif	Tanggal	Kasus Aktif
19 Juli 2021	542.938	3 Agustus 2021	524.142
20 Juli 2021	550.192	4 Agustus 2021	524.011
21 Juli 2021	549.694	5 Agustus 2021	518.310
22 Juli 2021	561.384	6 Agustus 2021	507.375
23 Juli 2021	569.901	7 Agustus 2021	497.824
24 Juli 2021	574.135	8 Agustus 2021	474.233
25 Juli 2021	573.908	9 Agustus 2021	448.508
26 Juli 2021	560.275	10 Agustus 2021	437.055
27 Juli 2021	556.281	11 Agustus 2021	426.170
28 Juli 2021	558.392	12 Agustus 2021	412.776
29 Juli 2021	554.484	13 Agustus 2021	400.129
30 Juli 2021	549.343	14 Agustus 2021	395.577
31 Juli 2021	545.447	15 Agustus 2021	384.807
1 Agustus 2021	535.135	16 Agustus 2021	371.021
2 Agustus 2021	523.164	17 Agustus 2021	358.357

2). Menentukan Himpunan Semesta

Pada langkah ini himpunan semesta dibentuk dengan lambang U dengan definisi $U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2]$, di mana D_{min} merupakan nilai minimum dan D_{max} merupakan nilai maksimum. Nilai D_1 dan D_2 merupakan nilai positif yang ditentukan oleh peneliti.

Berdasarkan data jumlah kasus aktif COVID-19 didapatkan data minimum sebanyak 358.357 kasus dan jumlah maksimum sebanyak 574.135 kasus. Kemudian untuk nilai D_1 dan D_2 peneliti menetapkan nilai masing-masing sebesar 0. Sehingga himpunan semesta yang dihasilkan yaitu:

$$\begin{aligned} U &= [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \\ &= [358357 - 0; 574135 + 0] \\ &= [358357; 574135] \end{aligned}$$

3). Pembentukan Interval

Untuk membentuk interval terlebih dahulu menentukan jumlah kelas interval dan panjang interval. Kemudian interval-interval dapat terbentuk. Jumlah interval pada setiap variabel sama, karena banyaknya data pada setiap variabel sama yaitu sebanyak 30 data.

$$\begin{aligned} \text{jumlah interval} &= 1 + 3,322 \log(n) \\ &= 1 + 3,322 \log(30) \\ &= 5,8745 \text{ (dibulatkan menjadi 6)} \end{aligned}$$

Selanjutnya penentuan panjang interval untuk kasus aktif COVID-19 dengan data minimum sebanyak 358.357 kasus dan data maksimum sebanyak 574.135 kasus, serta jumlah kelas interval senilai 6. Berikut perhitungannya.

$$\begin{aligned} \text{panjang interval} &= \frac{D_{max} - D_{min}}{\text{jumlah interval}} \\ &= \frac{574135 - 358357}{6} \\ &= 35963 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan jumlah kelas interval sebesar 6 dan panjang interval sebesar 35963, maka menghasilkan nilai u_1 sampai dengan u_6 yang merupakan interval-interval dari himpunan semesta (U) dengan nilai tengah (m) seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Interval dari Himpunan Semesta (U)

No	Interval	Nilai Tengah (m)
1	$u_1 = [358357; 394320]$	$m_1 = 376339$
2	$u_2 = [394320; 430283]$	$m_2 = 412302$
3	$u_3 = [430283; 466246]$	$m_3 = 448265$
4	$u_4 = [466246; 502209]$	$m_4 = 484228$
5	$u_5 = [502209; 538172]$	$m_5 = 520191$
6	$u_6 = [538172; 574135]$	$m_6 = 556154$

4). Pembentukan Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy (fuzzy set) A_i ditentukan sebanyak interval yang telah ditentukan sebelumnya yaitu sebanyak 6 kelas interval. Nilai keanggotaan himpunan fuzzy (fuzzy set) A_i berada diantara 0, 0,5, dan 1. Di mana $1 \leq i \leq 6$, dan 6 merupakan jumlah interval.

Pembentukan himpunan fuzzy (fuzzy set) dari kasus aktif COVID-19 dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} A_1 &= \left\{ \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} \right\} \\ A_2 &= \left\{ \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} \right\} \\ A_3 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} \right\} \\ A_4 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{1}{u_4} + \frac{0,5}{u_5} + \frac{0}{u_6} \right\} \\ A_5 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \frac{1}{u_5} + \frac{0,5}{u_6} \right\} \\ A_6 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0,5}{u_5} + \frac{1}{u_6} \right\} \end{aligned}$$

Berdasarkan definisi dari setiap himpunan fuzzy (fuzzy set) A_1 di atas dapat diketahui pada A_6 memiliki definisi yaitu derajat keanggotaan u_1 , u_2 , u_3 , dan u_4 terhadap A_6 bernilai 0, derajat keanggotaan u_5 terhadap A_6 bernilai 0,5, serta derajat keanggotaan u_6 terhadap A_6 bernilai 1.

Tahap selanjutnya adalah melakukan fuzzifikasi berdasarkan interval efektif yang diperoleh dapat ditentukan nilai linguistik sesuai dengan banyaknya interval yang terbentuk. Hasil fuzzifikasi data jumlah kasus aktif COVID-19 yang dinotasikan ke dalam bilangan linguistik yaitu sebagai berikut.

Tabel 3. Fuzzifikasi Jumlah Kasus Aktif COVID-19

No	Tanggal	Jumlah Kasus	Fuzzifikasi
1	19 Juli 2021	542.938	A_6
2	20 Juli 2021	550.192	A_6
3	21 Juli 2021	549.694	A_6
4	22 Juli 2021	561.384	A_6
□	□	□	□
27	14 Agustus 2021	395.577	A_2
28	15 Agustus 2021	384.807	A_1
29	16 Agustus 2021	371.021	A_1
30	17 Agustus 2021	358.357	A_1

5). Menentukan *Fuzzy Logic Relations* (FLR)

Menentukan FLR dengan memperhatikan *fuzzy* A_i dari hari ke hari untuk $1 \leq i \leq$

6. FLR dapat ditulis $A_i \rightarrow A_j$, di mana A_i adalah himpunan sisi kiri atau pengamatan sebelumnya $F(t-1)$ dan A_j adalah himpunan sisi kanan atau pengamatan sesudah data sebelumnya $F(t)$ pada data *time series*. Berikut merupakan hasil FLR untuk jumlah kasus aktif COVID-19.

Tabel 4. *Fuzzy Logic Relation (FLR)*

No	Tanggal	Jumlah Kasus	Fuzzifikasi
1	19 Juli 2021	542.938	
2	20 Juli 2021	550.192	$A_6 \rightarrow A_6$
3	21 Juli 2021	549.694	$A_6 \rightarrow A_6$
4	22 Juli 2021	561.384	$A_6 \rightarrow A_6$
□	□	□	□
27	14 Agustus 2021	395.577	$A_2 \rightarrow A_2$
28	15 Agustus 2021	384.807	$A_2 \rightarrow A_1$
29	16 Agustus 2021	371.021	$A_1 \rightarrow A_1$
30	17 Agustus 2021	358.357	$A_1 \rightarrow A_1$

6). Menentukan *Fuzzy Logic Relations Group* (FLRG)

Berdasarkan hasil *Fuzzy Logic Relations* (FLR) dapat dibentuk *Fuzzy Logic Relations Group* (FLRG) dengan cara mengelompokkan setiap FLR yang memiliki sisi kiri $F(t-1)$ yang sama. Berikut merupakan pengelompokkan atau FLRG yang didapatkan berdasarkan hasil FLR.

Tabel 5. *Fuzzy Logic Relations Group (FLRG)*

Kelompok	<i>Fuzzy Logic Relations Group</i>
Grup 1	$A_1 \rightarrow A_1$
Grup 2	$A_2 \rightarrow A_1, A_2$
Grup 3	$A_3 \rightarrow A_3, A_4$
Grup 4	$A_4 \rightarrow A_3, A_4$
Grup 5	$A_5 \rightarrow A_4, A_5$
Grup 6	$A_6 \rightarrow A_5, A_6$

7). Peramalan

Setelah *Fuzzy Logic Relations Group* (FLRG) didapatkan, maka selanjutnya dilakukan proses defuzzifikasi serta dilakukan perhitungan nilai peramalan menggunakan *Fuzzy Time Series* Chen. Misalnya pada Grup 4 mengandung *fuzzy relationship group* A_3 dan A_4 sehingga pada A_3 menggunakan nilai tengah dari u_3 (m_3), dan A_4 menggunakan nilai tengah dari u_4 (m_4). Kemudian kedua nilai tengah tersebut dihitung rata-ratanya atau ditulis dengan $F(t) = \frac{m_3 + m_4}{2}$.

Pada pembentukan FLRG yang dilakukan sebelumnya, didapatkan kelompok yang terbentuk sebanyak 6 kelompok. Hasil perhitungan nilai peramalan dari masing-masing kelompok atau grup berikut dengan rumus perhitungannya didapatkan antara lain sebagai berikut.

Tabel 6. Nilai Hasil Peramalan

Grup	FLRG	Rumus Peramalan $F(t)$	Nilai Peramalan
1	$A_1 \rightarrow A_1$	m_1	376.339
2	$A_2 \rightarrow A_1, A_2$	$\frac{m_1 + m_2}{2}$	394.320
3	$A_3 \rightarrow A_3, A_4$	$\frac{m_3 + m_4}{2}$	430.283
4	$A_4 \rightarrow A_3, A_4$	$\frac{m_3 + m_4}{2}$	466.246
5	$A_5 \rightarrow A_4, A_5$	$\frac{m_4 + m_5}{2}$	502.209
6	$A_6 \rightarrow A_5, A_6$	$\frac{m_5 + m_6}{2}$	538.172

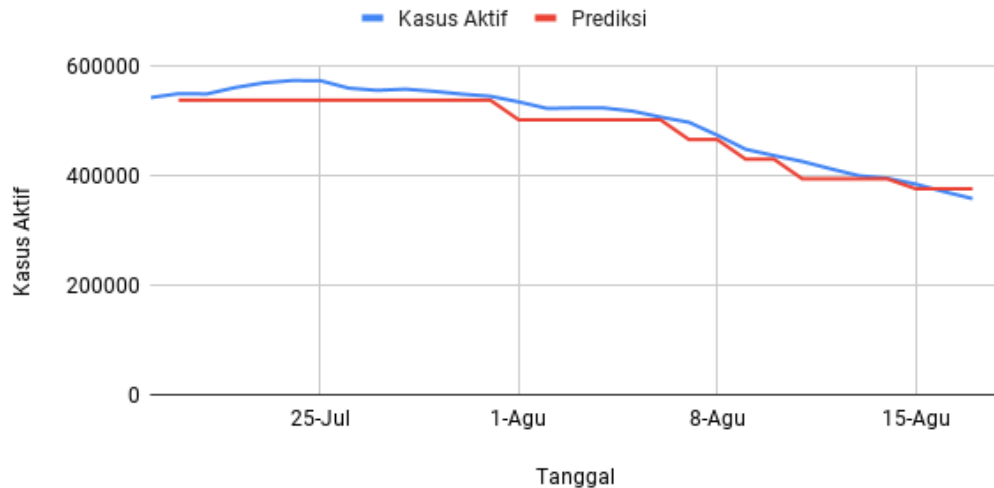
Berdasarkan hasil peramalan diatas, maka dapat dimasukkan ke dalam tabel sesuai dengan nilai *fuzzy logic relations* yang mewakilinya, seperti berikut.

Tabel 7. Hasil Peramalan dengan FLRG

No	Periode	Jumlah Kasus	FLR	Nilai Peramalan
1	19 Juli	542.938		
2	20 Juli	550.192	$A_6 \rightarrow A_6$	538.172
3	21 Juli	549.694	$A_6 \rightarrow A_6$	538.172
4	22 Juli	561.384	$A_6 \rightarrow A_6$	538.172
□	□	□	□	□
27	14 Agustus	395.577	$A_2 \rightarrow A_2$	394.320
28	15 Agustus	384.807	$A_2 \rightarrow A_1$	376.339
29	16 Agustus	371.021	$A_1 \rightarrow A_1$	376.339
30	17 Agustus	358.357	$A_1 \rightarrow A_1$	376.339

Berdasarkan hasil peramalan jumlah kasus aktif COVID-19 untuk periode tanggal 19 Juli 2021 sampai dengan 17 Agustus 2021 dapat dibuat plot untuk membandingkan pola data asli dengan pola data peramalan.

Hasil Peramalan Jumlah Kasus Aktif COVID-19 pada Tanggal 19 Juli 2021 sampai dengan 17 Agustus 2021



Gambar 4. *Plot Fuzzy Time Series*

Pada gambar di atas dapat diketahui bahwa plot hasil peramalan yang diperoleh dengan menggunakan *Fuzzy Time Series* model Chen memiliki pola yang sama dengan plot data asli jumlah kasus. Plot data hasil peramalan ditunjukkan dengan garis berwarna merah dan plot data asli jumlah kasus ditunjukkan dengan garis berwarna biru.

c. Ukuran Ketepatan Peramalan

Ukuran ketepatan peramalan digunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat akurasi hasil peramalan terhadap 30 data kasus aktif COVID-19 di Indonesia pada tanggal 19 Juli 2021 sampai dengan 17 Agustus 2021.

Berikut hasil perhitungan nilai $error$, $error^2$, $|error|$, dan $|PE|$. Nilai $error$, diperoleh dari selisih data asli dengan data ramalan atau $error = X_t - F_t$, di mana X_t merupakan data asli pada periode t dan F_t merupakan data ramalan pada periode t . Nilai $|PE|$ (Percentage Error) didapatkan dengan membagi nilai $error$ dengan data asli yang dimutlakan (*absolute*) dan dikali 100%.

Tabel 8. *Nilai Error*

Tanggal	Jumlah Kasus	Nilai Peramalan	Error	Error ²	Error Absolut	PE Absolut
19 Juli	542.938					
20 Juli	550.192	538.172	-12.020	144.480.400	12.020	2,18
21 Juli	549.694	538.172	-11.522	132.756.484	11.522	2,1
22 Juli	561.384	538.172	-23.212	538.796.944	23.212	4,13
□	□	□	□	□	□	□
14 Agustus	395.577	394.320	-1.257	1.580.049	1.257	0,32
15 Agustus	384.807	376.338,5	-8.468,5	71.715.492,25	8.469	2,2
16 Agustus	371.021	376.338,5	5.317,5	28.275.806,25	5.318	1,43
17 Agustus	358.357	376.338,5	17.981,5	323.334.342,25	17.982	5,02

Setelah nilai $error$, $error^2$, $|error|$, dan $|PE|$ didapatkan selanjutnya dapat dicari ukuran ketepatan peramalan dengan menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Nilai MAPE diperoleh dari rata-rata nilai $|PE|$. Berikut ini merupakan perhitungan dari MAPE untuk jumlah kasus aktif COVID-19.

$$\begin{aligned} MAPE &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \times 100\% \right| \\ &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \\ &= \frac{2,18 + 2,10 + \dots + 1,43 + 5,02}{30} \\ &= 3,53\% \end{aligned}$$

Nilai MAPE pada pengujian ini adalah sebesar 3,53%. Berdasarkan tabel interpretasi nilai MAPE menurut Lewis, hasil pengujian sebesar 3,53% menunjukkan bahwa hasil peramalan ini sangat akurat (Lewis, 1982).

Tabel 9. Hasil Interpretasi Nilai MAPE

MAPE (%)	Interpretasi
< 10	Peramalan sangat akurat
10-20	Peramalan baik
20-50	Peramalan layak
>50	Peramalan kurang akurat

Sumber: (Lewis, 1982)

d. Hasil Peramalan

Dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* dilakukan peramalan untuk periode selanjutnya yaitu pada periode 18 Agustus 2021. Untuk menentukan peramalan pada periode selanjutnya ditentukan dengan melihat FLR yang terbentuk pada periode sebelumnya dengan sisi kanan yang paling kanan. Kemudian cocokkan dengan FLRG yang sudah terbentuk misalnya pada periode 17 Agustus 2021 terbentuk FLR $A_1 \rightarrow A_1$, sehingga pada periode 18 Agustus 2021 nilai peramalan yang digunakan yaitu pada Grup 1 dengan relasi $A_1 \rightarrow A_1$. Berikut ini merupakan tabel hasil dari peramalan.

Tabel 10. Hasil Peramalan Jumlah Kasus Aktif COVID-19

Periode	Jumlah Kasus	FLR	Nilai Ramalan
17 Agustus 2021	358.357	$A_1 \rightarrow A_1$	376.339
18 Agustus 2021			376.339

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui nilai peramalan data jumlah kasus aktif COVID-19 dengan 30 data historis dari tanggal 19 Juli 2021 sampai dengan 17 Agustus

2021 untuk periode selanjutnya yaitu 18 Agustus 2021 setelah dibulatkan adalah sebesar 376.339 kasus, dengan jumlah sebenarnya adalah sebesar 343.203 kasus.



Gambar 5. Website yang Diakses pada Web Server Prediksi

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan implementasi metode *Fuzzy Time Series Model Chen*, dapat disimpulkan bahwa dalam kisaran 30 hari dari tanggal 19 Juli 2021 hingga 17 Agustus 2021 menghasilkan prediksi pada tanggal 18 Agustus 2021 dengan kasus aktif COVID-19 sebanyak 376.339 kasus dengan rasio kesalahan MAPE sebesar 3,53% yang termasuk dalam kategori peramalan sangat baik. Proses pembuatan sistem peramalan dapat dilakukan dengan menggunakan metode peramalan *Fuzzy Time Series Model Chen*. Melalui langkah menentukan himpunan semesta, menentukan interval, menentukan himpunan fuzzy, menentukan *Fuzzy Logic Relations (FLR)* dan *Fuzzy Logic Relations Group (FLRG)*, peramalan, serta defuzzifikasi. Sistem peramalan ini dapat diakses pada alamat <https://covid-fts-nuxt.vercel.app/>.

Daftar Pustaka

- Arianto, F. S., & Pui, N. (2020). Prediksi Kasus COVID-19 di Indonesia Menggunakan Metode Backpropagation dan Fuzzy Tsukamoto. *Jurnal Teknologi Informasi*, 4(1), 120-127.
- Desmonda, D., Tursina, & Irwansyah, M. A. (2018). Prediksi Besaran Curah Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, 6(4), 145-149.
- Fadhillah, A., Bettiza, M., & Ritha, N. (2017). Perbandingan Model Chen dan Model Cheng Pada Algoritma Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Harga Bahan Pokok. *Jurnal Universitas Maritim Raja Ali Haji*.
- Fauziah, N., Wahyuningsih, S., & Nasution, Y. N. (2016). Peramalan Menggunakan Fuzzy Time Series Chen (Studi Kasus: Curah Hujan Kota Samarinda). *Jurnal Statistika Universitas Muhammadiyah Semarang*, 4(2), 52-61.

- Gumelar, F. A., Putri, R. R., & Indriati. (2018). Implementasi Fuzzy Time Series Pada Prediksi Harga Daging di Pasar Kabupaten Malang. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(8), 2724-2733.
- Kusumo, F. A., Susyanto, N., Endrayanto, I., & Meliala, A. (2020). Model Berbasis SIR dalam Prediksi Awal Penyebaran COVID-19 di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). *Jurnal Matematika Thales*, 2(1), 1-10.
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and Business Forecasting Methods*. London: Butterworths Publishing.
- Susilo, A., Rumende, C. M., Pitoyo, C. W., Santoso, W. D., Yulianti, M., Herikurniawan, . . . Wicaksana, B. (2020). Coronavirus Disease 2019: Tinjauan Literatur Terkini. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia*, 7(1), 45-67.
- Syafa'ah, L., & Lestandy, M. (2021). Penerapan Deep Learning untuk Prediksi Kasus Aktif Covid-19. *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)*, 453-457.