

Estimasi Penderita *Tuberculosis* (TBC) Menggunakan Fuzzy Time Series Markov Chain (Studi Kasus Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara)

Bona Dea Sunanda*¹, Rina Widyasari², Sajaratud Dur³

^{1,2,3}Program Studi Biologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia

e-mail: bonadeasunanda@gmail.com

Abstrak

TBC (Tuberculosis) yang disebabkan oleh bakteri Mycobacterium Tuberculosis merupakan salah satu penyakit infeksi pernapasan kronis yang menular dan satu dari 10 penyebab kematian tertinggi dunia. Menurut World Health Organization (WHO), Indonesia menempati peringkat ketiga tertinggi tepat setelah India dan China. Sehingga perlu adanya model mengestimasi yang sesuai untuk membantu pemerintah dalam menentukan penanganan yang tepat. Penelitian ini menggunakan metode penggabungan antara Fuzzy Time Series dengan Markov Chain. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data jumlah penderita TBC pada Triwulan I pada tahun 2016 hingga Triwulan I tahun 2021 berdasarkan arsip Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara. Model mengestimasi dengan menggunakan metode Fuzzy Time Series-Markov Chain (FTS-MC) dalam penelitian ini memberikan hasil estimasi pada periode Triwulan II Tahun 2021 sebanyak 8723 penderita TBC dengan tingkat keakuratan mencapai angka 95%. Hasil ini sangat penting sebagai dasar untuk perencanaan strategi pengendalian TBC yang lebih efektif.

Kata kunci—*Tuberculosis, Fuzzy Time Series-Markov Chain*

1. PENDAHULUAN

Menurut WHO pada tahun 2019, TBC (*Tuberculosis*) disebabkan oleh bakteri Salah satu penyakit infeksi saluran pernapasan kronis yang menular adalah Mycobacterium tuberculosis. Di antara 10 penyebab kematian teratas secara global, tuberculosis merupakan penyebab kematian terkait agen infeksi yang paling umum, melampaui HIV/AIDS. Bakteri Tuberculosis menular melalui udara yang terdapat di dalam percikan dahak seorang penderita yang tengah bersin atau batuk. Percikan tersebut mengandung sekitar 3000 mikroorganisme tak kasat mata yang disebut juga dengan *droplet nuclei* atau percik halus (renik). Meskipun berukuran mikroskopis, percikan yang melayang-layang di udara ini memiliki kemampuan untuk menembus dan bersarang di dalam paru-paru orang di sekitarnya. Penularan dapat terjadi dimanapun, termasuk lingkungan yang bersih sekalipun (Tabrani, 2010). Penyakit ini merupakan jenis penyakit *fast moving* yang obatnya dikonsumsi setiap hari oleh penderita, sehingga seringkali menyebabkan persediaan obat cepat habis.

Kejadian meningkatnya jumlah kasus TBC pada periode tertentu sering diiringi ketidaksiapan instansi kesehatan dalam hal penanganan. Jumlah penderita yang harus ditangani tidak berimbang dengan jumlah tenaga medis dan obat yang tersedia. Oleh sebab itu, diperlukannya sebuah perencanaan terkait pengendalian kasus TBC seperti dengan melakukan penyuluhan dan pencegahan, ketersediaan tenaga medis yang memadai, serta pengadaan obat-obatan. Karena apabila hal itu tidak segera ditindaklanjuti, dikhawatirkan pasien yang hendak berobat mengalami kendala dan tidak segera mendapatkan penanganan yang baik. Akibatnya bakteri yang ada di dalam tubuh penderita akan menjadi kebal terhadap beberapa macam obat atau disebut *multi-drug resistant TBC* (MDR TBC) sehingga pengobatan akan lebih sulit dan lebih lama untuk sembuh (Mutiar, 2020).

Menurut Tuberculosis Global 2019 yang diterbitkan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), pada tahun 2018 kasus TBC terbanyak setelah Indiadan China adalah Indonesia. Berarti Indonesia berada di posisi ketiga berdasarkan banyaknya jumlah kasus TBC. Kasus tersebut pun baru terdeteksi sekitar 69% dan telah mencapai angka 845000 kasus serta jumlah tersebut selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Sedangkan berdasarkan data Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2020, Sumatera Utara

memiliki jumlah kasus TBC sebanyak 34997 kasus. Jumlah tersebut terus meningkat berturut-turut dari tahun 2016 sampai dengan 2020 Peningkatan jumlah kasus terus terjadi setiap tahunnya, hal ini tentunya menjadi sebuah ancaman bagi bangsa sehingga diperlukan sebuah estimasi di masa depan sebagai upaya pengendalian dan penanganan kasus TBC khususnya di Provinsi Sumatera Utara.

Estimasi dalam peramalan ialah memperkirakan nilai masa depan dari suatu variabel atau sekelompok variabel dengan menggunakan data historis. Seorang individu atau organisasi dapat meningkatkan perilaku saat ini jika dapat memprediksi kejadian di masa depan. Karena kinerja sebelumnya masih akan dilakukan, setidaknya dalam waktu yang tidak terlalu lama (Murahartawaty, 2009). Pendekatan *Fuzzy Time Series* (FST) merupakan salah satu teknik estimasi yang sering digunakan.

Fuzzy Time Series (FST) adalah menggunakan matematika *fuzzy* dalam aplikasi deret waktu. Jika datanya komprehensif dan mengandung noise, penggunaan *Fuzzy Time Series* dapat membantu menghasilkan hasil yang lebih baik. FST awalnya digunakan untuk menggambarkan penyiaran jumlah aplikasi di sebuah universitas dengan menggunakan ide logika *fuzzy* menggunakan model invarian waktu dan varian waktu. Beberapa tahun belakangan, *Fuzzy Time Series* secara bertahap telah digunakan untuk mengestimasi pasar saham. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah gabungan antara metode *fuzzy time series* (FST) dengan konsep *markov chain*, yang mana dalam metode tersebut dapat meminimalkan terjadinya penyimpangan *error* serta dapat menghasilkan nilai estimasi yang lebih baik (Jadmiko, 2018).

Tahun 2019, sebuah penelitian oleh Bintang dengan judul Peramalan Ekspor Rumput Laut Indonesia: Analisis Deret Waktu *Fuzzy* Menggunakan Metode *Markov Chain* dan Non-*Markov Chain*. Nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan *Mean Square Error* (MSE) pada umumnya lebih rendah untuk deret waktu *fuzzy* dengan *Markov Chain* dibandingkan dengan deret waktu *fuzzy* tanpa *Markov Chain*, hal ini menunjukkan bahwa deret waktu *fuzzy* dengan *Markov Chain* memiliki kinerja yang lebih baik dalam hal kemampuan peramalan dalam estimasi periode jangka pendek. Jumlah kasus akan terus meningkat antara tahun 2016 sampai dengan tahun 2020 dengan nilai masing-masing sebesar 553, 646, 752, 871, dan 10033 kasus, hal ini sesuai dengan penelitian Susanto (2016) yang mengestimasi kejadian TB Paru BTA Positif di Kota Kendari dengan metode *Trend Analysis*. Namun menurutnya, perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan mengadakan berbagai jenis bentuk atau model keakuratan hasil estimasi kejadian TBC Paru BTA Positif, sehingga akan didapatkan hasil data peramalan yang lebih akurat.

Berdasarkan data dan beberapa uraian di atas, disimpulkan bahwa perlunya pengadaan tindakan yang lebih lanjut dalam pemantauan penyakit TBC yang berkembang hingga saat ini. Terlebih di daerah provinsi Sumatera Utara yang setiap tahunnya selalu mengalami kenaikan pada jumlah kasus. Sedangkan menurut beberapa penelitian sebelumnya yang penulis temukan, penulis menyimpulkan bahwa peramalan penyakit TBC belum mencapai keakuratan hasil yang optimal. Keberadaan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* menunjukkan tingkat akurasi prediksi dan estimasi yang tinggi, diharapkan dapat menjadi salah satu metode yang tepat dan lebih akurat untuk mengestimasi jumlah kasus TBC di masa yang akan datang.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara. Jalan Prov. H.M. Yamin SH No. 41AA, Perintis, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara, 20232. Penelitian ini telah selesai dilakukan selama 6 bulan mulai November 2020 sampai dengan April 2021.

2.2 Data dan Sumber Data

Sumber data penelitian ini adalah Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara menyajikan data triwulanan jumlah penderita TB di provinsi tersebut sejak triwulan I tahun 2016 sampai dengan triwulan I tahun 2021. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder atau data yang sudah ada sebelumnya.

2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan pengumpulan data historis. Setelah data terkumpul, langkah berikutnya adalah mendefinisikan himpunan semesta U . Kemudian, jumlah dan panjang interval fuzzy ditentukan untuk membagi data menjadi kategori yang lebih terperinci. Selanjutnya, himpunan fuzzy didefinisikan pada semesta pembicaraan U , diikuti dengan proses fuzzifikasi data historis, yaitu mengubah data numerik menjadi data fuzzy. Setelah itu, hubungan logis fuzzy (FLR) dan grup hubungan logis fuzzy (FLRG) dibentuk untuk memahami pola dalam data. Proses berikutnya adalah membentuk matriks probabilitas transisi Markov untuk memperkirakan transisi antara status-status fuzzy yang berbeda. Dari sini, hasil peramalan awal (forecasting value) dihitung. Kemudian, nilai peramalan disesuaikan (adjusted value) untuk meningkatkan akurasi prediksi. Menemukan hasil prediksi terbaik (nilai perkiraan yang disesuaikan) dan menghitung angka Mean Absolute Percentage Error (MAPE) untuk mengukur akurasi model adalah langkah terakhir. Fase evaluasi temuan perkiraan menandai kesimpulan dari prosedur ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Deskriptif Data

Dalam penelitian ini, data TB di Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara triwulan I tahun 2016 sampai dengan triwulan I tahun 2021 dianalisis menggunakan model *Fuzzy Time Series-Markov Chain* (FTS-MC). Data tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Jumlah Penderita TBC di Provinsi Sumatera Utara Triwulan I 2016 – Triwulan I 2021
(Sumber: Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara)

| t | Tahun | Triwulan | Jumlah | t | Tahun | Triwulan | Jumlah |
|----|-------|----------|--------|----|-------|----------|--------|
| 1 | 2016 | I | 5939 | 12 | 2019 | IV | 7999 |
| 2 | | II | 6322 | 13 | | I | 7737 |
| 3 | | III | 5492 | 14 | | II | 7563 |
| 4 | | IV | 5474 | 15 | | III | 7494 |
| 5 | 2017 | I | 6847 | 16 | 2020 | IV | 8430 |
| 6 | | II | 7111 | 17 | | I | 8375 |
| 7 | | III | 6321 | 18 | | II | 8442 |
| 8 | | IV | 6057 | 19 | | III | 8381 |
| 9 | 2018 | I | 7143 | 20 | 2021 | IV | 9799 |
| 10 | | II | 6001 | 21 | | I | 9047 |
| 11 | | III | 7429 | | | | |

Berdasarkan tabel jumlah penderita TBC terendah pada tahun 2016 tercatat pada triwulan keempat dengan 5.474 penderita, sementara jumlah tertinggi berada pada triwulan kedua dengan 6.322 penderita. Pada tahun 2017, jumlah terendah tercatat pada triwulan keempat dengan 6.057 penderita, sedangkan jumlah tertinggi berada pada triwulan kedua dengan 7.111 penderita. Tahun 2018 menunjukkan penurunan pada triwulan kedua dengan 6.001 penderita dan peningkatan pada triwulan keempat dengan 7.999 penderita. Tahun 2019 mencatat jumlah terendah pada triwulan ketiga dengan 7.494 penderita dan jumlah tertinggi pada triwulan keempat dengan 8.430 penderita. Pada tahun 2020, jumlah terendah tercatat pada triwulan pertama dengan 8.375 penderita, sementara jumlah tertinggi tercatat pada triwulan keempat dengan 9.799 penderita. Untuk tahun 2021, triwulan pertama mencatat jumlah penderita sebanyak 9.047.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa selama periode triwulan I 2016 hingga triwulan I 2021, jumlah penderita TBC mengalami fluktuasi setiap triwulan. Jumlah penderita TBC pada periode tersebut menunjukkan tren naik-turun setiap tahunnya. Secara ringkas, jumlah penderita TBC terendah selama periode ini tercatat pada triwulan IV 2016 dengan 5.474 penderita, sedangkan jumlah tertinggi tercatat pada triwulan IV 2020 dengan 9.799 penderita.

3.2 Mengestimasi Fuzzy Time Series-Markov Chain (FTS-MC)

Langkah pertama, himpunan semesta U didapatkan melalui data penderita TBC pada rentang triwulan pertama tahun 2016 sampai dengan triwulan pertama tahun 2021. Data tersebut menunjukkan bahwa nilai minimum secara keseluruhan terletak pada triwulan IV 2016 dengan jumlah 5474 sedangkan untuk nilai maksimumnya terdapat pada triwulan IV 2020 sebanyak 9799 sehingga nilai $U = [5474, 9799]$. Langkah kedua, membagi himpunan semesta menghasilkan beberapa bagian dengan interval serupa, menghasilkan sekitar enam interval dengan panjang serupa. Dengan nilai I adalah 720,833. Dengan hasil yang diperoleh pada 6 bagian interval dan panjang interval 721 maka nilai pembagian himpunan semesta dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pembagian Himpunan Semesta

| Interval | Batas Bawah | Batas Atas | Nilai Tengah |
|----------|-------------|------------|--------------|
| U_1 | 5474 | 6195 | 5834,5 |
| U_2 | 6196 | 6917 | 6556,5 |
| U_3 | 6918 | 7639 | 7278,5 |
| U_4 | 7640 | 8361 | 8000,5 |
| U_5 | 8362 | 9083 | 8722,5 |
| U_6 | 9084 | 9805 | 9444,5 |

Setiap nilai himpunan fuzzy dari himpunan data hitungan TBC dapat ditemukan menggunakan himpunan fuzzy yang dihasilkan, yang selanjutnya diterjemahkan ke dalam angka linguistik. Misalnya, interval $u_1 = [5474, 6195]$ memuat 5939 titik data untuk kuartal pertama tahun 2016 ($t=1$). Selain itu, u_1 memiliki derajat keanggotaan 1 saat berada di himpunan A_1 , menurut asosiasi fuzzy yang dibuat. Akibatnya, himpunan A_1 memuat data fuzzifikasi untuk kuartal pertama tahun 2016. Sehingga pada Tabel 3 menyajikan hasil untuk keseluruhan fuzzifikasi data jumlah TBC yang dinotasikan ke dalam bilangan linguistik.

Tabel 3. Data Ter Fuzzifikasi

| t | Data Aktual | Data Fuzzy | t | Data Aktual | Data Fuzzy |
|----|-------------|------------|----|-------------|------------|
| 1 | 5939 | A_1 | 12 | 7999 | A_4 |
| 2 | 6322 | A_2 | 13 | 7737 | A_4 |
| 3 | 5492 | A_1 | 14 | 7563 | A_3 |
| 4 | 5474 | A_1 | 15 | 7494 | A_3 |
| 5 | 6847 | A_2 | 16 | 8430 | A_5 |
| 6 | 7111 | A_3 | 17 | 8375 | A_5 |
| 7 | 6321 | A_2 | 18 | 8442 | A_5 |
| 8 | 6057 | A_1 | 19 | 8381 | A_5 |
| 9 | 7143 | A_3 | 20 | 9799 | A_6 |
| 10 | 6001 | A_1 | 21 | 9047 | A_5 |
| 11 | 7429 | A_3 | | | |

Langkah kelima menentukan *Fuzzy Logical Relationship* FLR dan FLRG.

Tabel 4. FLR

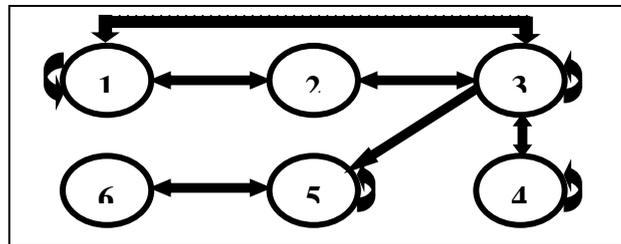
| Urutan Data | FLR | Urutan Data | FLR | Urutan Data | FLR |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| 1-2 | $A_1 \rightarrow A_2$ | 8-9 | $A_1 \rightarrow A_3$ | 15-16 | $A_3 \rightarrow A_5$ |
| 2-3 | $A_2 \rightarrow A_1$ | 9-10 | $A_3 \rightarrow A_1$ | 16-17 | $A_5 \rightarrow A_5$ |
| 3-4 | $A_1 \rightarrow A_1$ | 10-11 | $A_1 \rightarrow A_3$ | 17-18 | $A_5 \rightarrow A_5$ |
| 4-5 | $A_1 \rightarrow A_2$ | 11-12 | $A_3 \rightarrow A_4$ | 18-19 | $A_5 \rightarrow A_5$ |

| | | | | | |
|-----|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|
| 5-6 | $A_2 \rightarrow A_3$ | 12-13 | $A_4 \rightarrow A_4$ | 19-20 | $A_5 \rightarrow A_6$ |
| 6-7 | $A_3 \rightarrow A_2$ | 13-14 | $A_4 \rightarrow A_3$ | 20-21 | $A_6 \rightarrow A_5$ |
| 7-8 | $A_2 \rightarrow A_1$ | 14-15 | $A_3 \rightarrow A_3$ | | |

Tabel 5. Tabel FLRG

| <i>Current State</i> | <i>Next State</i> |
|----------------------|---|
| A_1 | $\rightarrow 1(A_1), 2(A_2), 2(A_3)$ |
| A_2 | $\rightarrow 2(A_1), 1(A_3)$ |
| A_3 | $\rightarrow 1(A_1), (A_2), 1(A_3), 1(A_4), 1(A_5)$ |
| A_4 | $\rightarrow 1(A_3), 1(A_4)$ |
| A_5 | $\rightarrow 3(A_5), 1(A_6)$ |
| A_6 | $\rightarrow 1(A_5)$ |

Kemudian FLRG pada Tabel 45 yang telah dibentuk akan digunakan untuk membentuk proses transisi estimasi yang menggambarkan hubungan antara setiap *state* dengan *state* lainnya. Dapat dilihat pada Gambar 1 yang menunjukkan proses transisi antar *state*.



Gambar 1. Proses Transisi Estimasi

Melalui Gambar 1 menunjukkan bagaimana satu kondisi terkait dengan kondisi lain. Kondisi ini meliputi $A_1, A_3, A_4,$ dan A_5 , di mana panah satu arah yang menunjuk ke arah tersebut menunjukkan bahwa kondisi tersebut bergerak ke arah tersebut. Sebaliknya, panah satu arah yang menunjuk ke arah kondisi yang bukan dirinya sendiri, menunjukkan bahwa kondisi tersebut sedang berganti kondisi, tetapi kebalikannya tidak benar. Nyatakan ini sebagai A_3 . Kondisi tersebut berubah dari satu kondisi ke kondisi lain, seperti yang ditunjukkan oleh panah dua arah, dan kebalikannya adalah benar. $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6,$ dan A_7 adalah beberapa kondisi tersebut.

Keenam menghitung hasil peramalan awal. Berdasarkan FLRG yang telah ditentukan sebelumnya maka pada tahap ini akan dibentuk matriks probabilitas transisi *markov* dengan orde 6×6 . Contoh, *state* A_1 bertransisi ke *state* yang lain sebanyak 5 kali antara lain ke *state* A_1 sebanyak satu kali, ke *state* A_2 sebanyak dua kali dan ke *state* A_3 sebanyak dua kali. Didapatkan $p_{11} = \frac{1}{5}, p_{12} = \frac{2}{5},$ dan $p_{14} = \frac{2}{5}$. nilai probabilitas setiap perpindahan *state* disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Matriks Probabilitas Perpindahan *State* A_i dan A_j

| P_{ij} | i | j | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | 1 | 1/5 | 2/5 | 2/5 | - | - | - |
| | 2 | 2/3 | - | 1/3 | - | - | - |
| | 3 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | - |
| | 4 | - | - | 1/2 | 1/2 | - | - |
| | 5 | - | - | - | - | 3/4 | 1/4 |
| | 6 | - | - | - | - | 1 | - |

Sehingga matriks transisi *markov* dengan orde 6x6 yang terbentuk ialah sebagai berikut:

$$R = \begin{bmatrix} 1/5 & 2/5 & 2/5 & 0 & 0 & 0 \\ 2/3 & 0 & 1/3 & 0 & 0 & 0 \\ 1/5 & 1/5 & 1/5 & 1/5 & 1/5 & 0 \\ 0 & 0 & 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3/4 & 1/4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Peramalan pertama dimulai pada triwulan kedua tahun 2016 atau data kedua berdasarkan data sebelumnya. Misal pada triwulan II 2016 (t=2) data yang digunakan adalah data sebelumnya yaitu data pada triwulan I 2016 (t=1) dimana *state* bar transisi dari $A_1 \rightarrow A_2$, maka perhitungan peramalan awalnya ialah:

$$F(2) = Y(1)P_{11} + m_2P_{12} + m_3P_{13}$$

$$= 5939\left(\frac{1}{5}\right) + 6556,5\left(\frac{2}{5}\right) + 7278,5\left(\frac{2}{5}\right)$$

$$F(2) = 6721,8$$

Menggunakan metode yang serupa, untuk data. Hasil keseluruhan untuk nilai peramalan awal dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Peramalan Awal (Data Jumlah Penderita TBC Triwulan I 2016 – Triwulan I 2021 Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara)

| t | Periode | Y(t) | F(t) | t | Periode | Y(t) | F(t) | | |
|----|---------|------|------|------------|---------|------|------|--------|----------|
| 1 | 2016 | I | 5939 | 12 | 2019 | IV | 7999 | 7308,6 | |
| 2 | | II | 6322 | 6721,8 | | 13 | I | 7737 | 7638,75 |
| 3 | | III | 5492 | 6315,83333 | | 14 | II | 7563 | 7507,75 |
| 4 | | IV | 5474 | 6632,4 | | 15 | III | 7494 | 7335,4 |
| 5 | 2017 | I | 6847 | 6628,8 | 16 | IV | 8430 | 7321,6 | |
| 6 | | II | 7111 | 6315,83333 | 17 | 2020 | I | 8375 | 8683,625 |
| 7 | | III | 6321 | 7245 | 18 | | II | 8442 | 8642,375 |
| 8 | | IV | 6057 | 6315,83333 | 19 | | III | 8381 | 8692,625 |
| 9 | 2018 | I | 7143 | 6745,4 | 20 | | IV | 9799 | 8646,875 |
| 10 | | II | 6001 | 7251,4 | 21 | 2021 | I | 9047 | 8722,5 |
| 11 | | III | 7429 | 6734,2 | | | | | |

Ketujuh, nilai yang Disesuaikan dihitung. Untuk mengurangi jumlah varians hasil yang diproyeksikan, FTS-MC mencakup tahap modifikasi nilai perkiraan. Perhitungan nilai yang disesuaikan untuk kuartal kedua tahun 2016, berdasarkan **Tabel 4** *current state*-nya ialah A_1 sedangkan *next state*-nya ialah A_2 .

$$D_{t(2)} = \left(\frac{l}{2}\right)$$

$$= \left(\frac{721}{2}\right)$$

$$D_{i(2)} = 360,5$$

Keseluruhan hasil disajikan pada Tabel 8, yaitu perhitungan nilai penyesuaian *current state* dengan *next state*.

Tabel 8. Nilai Penyesuaian Hasil Estimasi

| <i>Current State</i> | <i>Next State</i> | D_t | <i>Current State</i> | <i>Next State</i> | D_t |
|----------------------|-------------------|--------|----------------------|-------------------|--------|
| A_1 | A_1 | 0 | A_4 | A_4 | 360,5 |
| | A_2 | 360,5 | | A_5 | 721 |
| | A_3 | 721 | | A_3 | -360,5 |
| A_2 | A_1 | -360,5 | A_5 | A_4 | 0 |
| | A_3 | 360,5 | | A_5 | 0 |
| A_3 | A_1 | -721 | A_6 | A_6 | 360,5 |
| | A_2 | -360,5 | | A_5 | -360,5 |
| | A_3 | 0 | | | |

Kedelapan, menentukan hasil peramalan akhir. Tahap ini dilakukan penambahan antara peramalan awal dengan nilai penyesuaian yang telah ditentukan seperti yang tertera pada **Tabel 8**

$$F'(2) = F(2) + D_{i(2)}$$

$$= 6721,8 + 360,5$$

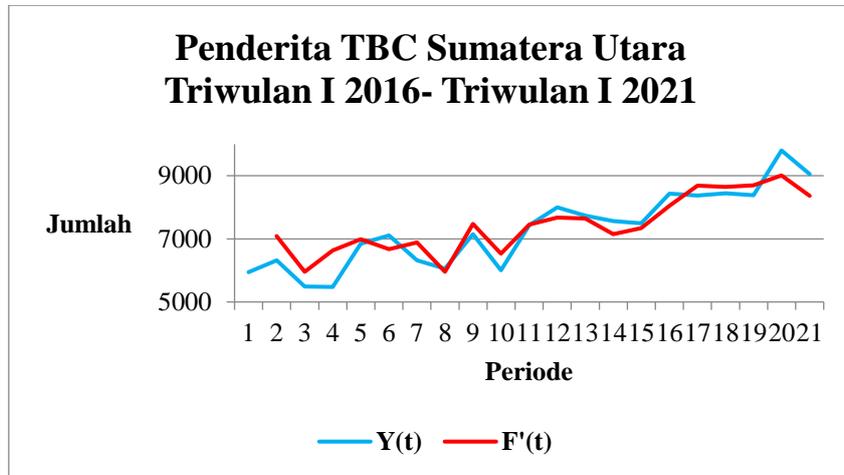
$$F'(2) = 7082,3$$

Memakai metode yang serupa, pada Tabel 9 dapat dilihat hasil estimasi akhir untuk seluruh data Jumlah TB berdasarkan aturan yang telah disebutkan sebelumnya.

Tabel 9. Nilai Estimasi yang Telah Disesuaikan (Data Jumlah Penderita TBC Triwulan I 2016 – Triwulan I 2021 Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara)

| t | Periode | $F(t)$ | D_t | $F'(t)$ | |
|----|---------|--------|------------|---------|----------|
| 1 | 2016 | I | - | - | |
| 2 | | II | 6721,8 | 360,5 | 7082,3 |
| 3 | | III | 6315,83333 | -360,5 | 5955,333 |
| 4 | | IV | 6632,4 | 0 | 6632,4 |
| 5 | 2017 | I | 6628,8 | 360,5 | 6989,3 |
| 6 | | II | 6315,83333 | 360,5 | 6676,333 |
| 7 | | III | 7245 | -360,5 | 6884,5 |
| 8 | | IV | 6315,83333 | -360,5 | 5955,333 |
| 9 | 2018 | I | 6745,4 | 721 | 7466,4 |
| 10 | | II | 7251,4 | -721 | 6530,4 |
| 11 | | III | 6734,2 | 721 | 7455,2 |
| 12 | | IV | 7308,6 | 360,5 | 7669,1 |
| 13 | 2019 | I | 7638,75 | 0 | 7638,75 |
| 14 | | II | 7507,75 | -360,5 | 7147,25 |
| 15 | | III | 7335,4 | 0 | 7335,4 |
| 16 | | IV | 7321,6 | 721 | 8042,6 |
| 17 | 2020 | I | 8683,625 | 0 | 8683,625 |
| 18 | | II | 8642,375 | 0 | 8642,375 |
| 19 | | III | 8692,625 | 0 | 8692,625 |
| 20 | | IV | 8646,875 | 360,5 | 9007,375 |
| 21 | 2021 | I | 8722,5 | -360,5 | 8362 |

Perbandingan antara nilai estimasi menggunakan FTS-MC terhadap data aktual dapat divisualisasikan pada grafik delay gambar 2.

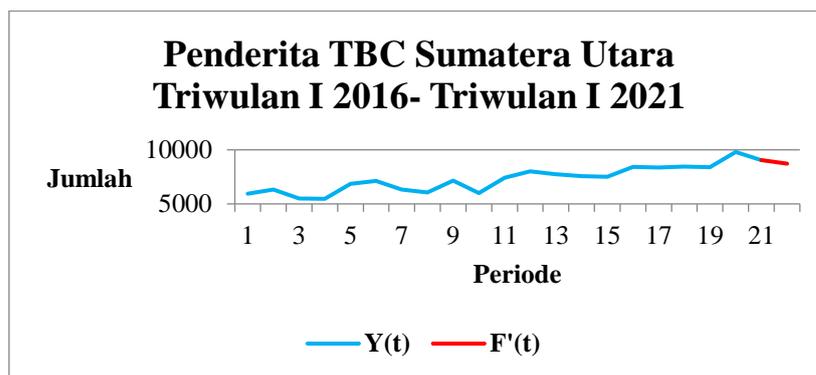


Gambar 2. Grafik Perbandingan Estimasi

Ke Sembilan, menghitung nilai MAPE. Nilai MAPE yang dihasilkan yaitu sebesar 5,33482%. Berdasarkan kriteria keakuratan MAPE menurut Faroh (2016) seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat dikatakan keakuratan dari estimasi menggunakan metode FTS-MC tergolong sangat baik.

3.3 Estimasi Model Fuzzy Time Series-Markov Chain

Berdasarkan model yang telah dikembangkan sebelumnya dan perhitungan tingkat keakuratannya, ditemukan bahwa pemodelan Fuzzy Time Series-Markov Chain (FST-MC) sangat efektif dalam melakukan estimasi. Oleh karena itu, model FST-MC digunakan untuk mengestimasi jumlah penderita TBC pada Triwulan II 2021. Seperti tahapan yang telah dijelaskan sebelumnya, estimasi dilakukan menggunakan data historis aktual penderita TBC dari Triwulan I 2021. Panjang interval yang digunakan adalah , state saat ini adalah dan state berikutnya adalah himpunan kosong. Gambar 3 menampilkan grafik estimasi yang dihasilkan oleh model Fuzzy Time Series-Markov Chain.



Gambar 3. Grafik Estimasi (FTS-MC)

Tuberkulosis (TBC) adalah salah satu dari sepuluh penyakit yang menjadi penyebab kematian terbanyak di dunia. Penyakit ini menyebar melalui udara dan termasuk dalam kategori penyakit yang penyebarannya sangat cepat. Menurut data dari Badan Kesehatan Dunia (WHO), India menempati urutan ketiga dalam jumlah kasus TBC, setelah India dan China. Berdasarkan data dari Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara, pada tahun 2020, jumlah penderita TBC di Sumatera Utara mencapai 34.997 orang. Sayangnya, jumlah penderita TBC di Indonesia, khususnya di Provinsi Sumatera Utara, terus mengalami

peningkatan setiap tahunnya. Menurunkan jumlah pasien TB merupakan tantangan karena berbagai masalah, seperti kurangnya kesiapan lembaga kesehatan dalam mengelola kasus, ketidakseimbangan antara jumlah pasien dan staf medis, kekurangan persediaan obat-obatan, dan kurangnya pengetahuan dan edukasi masyarakat tentang TB.

Sejalan dengan target pemerintah untuk mewujudkan Indonesia bebas TBC pada tahun 2030, diperlukan sebuah model estimasi yang efektif. Model ini dapat berfungsi sebagai alat pendukung program pemerintah dalam pencegahan dan penanggulangan infeksi TBC. Melalui model estimasi tersebut, pemerintah diharapkan dapat menentukan langkah yang tepat berdasarkan permasalahan yang ada di masyarakat guna mencapai target Indonesia bebas TBC tahun 2030. Berdasarkan permasalahan tersebut, diharapkan model estimasi terbaik untuk menentukan jumlah penderita TB, khususnya di Sumatera Utara, adalah dengan menggabungkan pendekatan *Fuzzy Time Series* dengan gagasan *Markov Chain*. Dengan demikian, penentuan hasil estimasi jumlah penderita TB di Provinsi Sumatera Utara pada triwulan II tahun 2021 menjadi tujuan utama penelitian ini, serta mengevaluasi tingkat akurasi estimasi tersebut dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* (FTS-MC).

Estimasi dilakukan berdasarkan data historis yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara dari Triwulan I 2016 hingga Triwulan I 2021. Data ini menunjukkan bahwa jumlah minimum penderita tercatat pada Triwulan IV dengan 5.474 penderita, sedangkan jumlah maksimum tercatat pada Triwulan IV 2020 dengan 9.799 penderita. Dengan menggunakan metode FTS-MC, diperoleh enam interval dengan panjang masing-masing interval adalah 721 penderita. Data historis kemudian dikategorikan ke dalam bilangan linguistik A1, A2, A3, A4, A5, dan A6. Selanjutnya, FLR dan FLRG ditentukan dari data yang telah dikategorikan untuk mempermudah pembentukan matriks probabilitas transisi. Setelah matriks probabilitas transisi Markov dengan orde tertentu terbentuk, proses peramalan awal dimulai dari Triwulan II 2016 menggunakan data dari Triwulan I 2016. Untuk mengurangi penyimpangan dalam peramalan awal, tahap berikutnya adalah perhitungan nilai penyesuaian (Adjusted value). Nilai peramalan akhir kemudian diperoleh dengan menambahkan nilai peramalan awal dan nilai penyesuaian yang telah dihitung sebelumnya.

Tahap akhir dari metode FTS-MC adalah menghitung nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE), yang dalam penelitian ini mencapai 5,33482%. Menurut kriteria akurasi MAPE yang dikemukakan oleh Faroh (2016), metode FTS-MC tergolong sangat baik dalam mengestimasi jumlah penderita TBC di Provinsi Sumatera Utara. Estimasi jumlah penderita TBC di Sumatera Utara pada Triwulan II 2021 adalah 8.722,5 atau sekitar 8.723 penderita.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan pada bab-bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa estimasi jumlah penderita TBC pada Triwulan II tahun 2021 menggunakan metode Fuzzy Time Series-Markov Chain (FTS-MC) dengan 6 himpunan fuzzy menghasilkan estimasi sebesar 8723 penderita TBC. Tingkat penyimpangan model estimasi ini adalah sebesar 5,334818%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode Fuzzy Time Series-Markov Chain cukup efektif dalam melakukan estimasi jumlah penderita TBC dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Disarankan agar teknik estimasi fuzzy tambahan, termasuk model Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain dan lainnya, digunakan sebagai model perbandingan untuk penelitian masa depan. Selain itu, untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengestimasian, perlu dikembangkan program yang mempermudah proses pengestimasian dengan metode ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bintang, Andi Sri, Wen-Chi Huan, dan Rosihan Asmara. 2019. Forecasting of Indonesia Seaweed Export: A Comparison Of Fuzzy Time Series With and Without Markov Chain. *Agricultural Socio-Economics Journal*. 19(3):155-164.
- Faroh, Rifky Aisyatul. 2016. "Penerapan Model *Fuzzy Time Series-Markov Chain* untuk Peramalan Inflasi. Skripsi. FST, Matematika, UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang.

- Kemenkes RI. 2016. *Penanggulangan TBC*. Jakarta: Dirjen PPPL.
- Kemenkes RI. 2018. *Tuberkulosis Dicari Para Pemimpin untuk Dunia Bebas TBC*. Jakarta: Dirjen PPPL.
- Jadmiko, Pridharma. 2018. “Peramalan Harga Saham pada Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) Menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain*”. Skripsi. FMIPA, Statistika, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Murahartawaty. 2009. *Peramalaan*. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.
- Mutiara, Erika. 2020. Algoritma Klasifikasi Naive Bayes Berbasis Particle Swarm Optimization untuk Prediksi Penyakit Tuberculosis (TBC). *Jurnal Swabumi*. 8(1): 46-58.
- Susanto, Hermawan A., Ambo Sakka dan Lymbran Tina. 2016. Prediksi Kejadian Penyakit TBC Paru Bta Positif di Kota Kendari Tahun 2016-2020. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kesehatan Masyarakat Unsyiah*, vol. 1, no. 2.
- Tabrani, R. 2010. *Penyakit Paru*. Jakarta: Trans Info Media.