

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tuberkulosis (*Tuberculosis*)

2.1.1 Penyebab Tuberkulosis

Mycobacterium tuberculosis ialah bakteri penyebab penyakit menular tuberkulosis (TBC) yang mampu hidup selama berbulan-bulan di tempat yang lembab. Bakteri ini bisa menginfeksi paru-paru sehingga disebut TBC Paru. Bakteri TBC juga dapat memasuki pembuluh darah dan menyebar ke seluruh tubuh yang lain seperti kelenjar getah bening, selaput otak, sendi, tulang, dan bagian tubuh lainnya. Penyakit TBC di luar Paru disebut juga dengan TBC *extrapulmoner* (Tabrani, 2010). Berdasarkan pernyataan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2016, terdapat beberapa spesies *Mycobacterium*, antara lain: *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium africanum*, *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium leprae*, dsb. Bakteri-bakteri tersebut merupakan Bakteri Tahan Asam (BTA). Selain itu, terdapat pula *Mycobacterium Other Than Tuberculosis* (MOTT) yang bisa menimbulkan gangguan pada saluran pernafasan dan terkadang dapat mengganggu penegakan diagnosis dan pengobatan TBC.

2.1.2 Infeksi dan Penyebaran TBC

Bakteri Tuberkulosis menular melalui udara yang terdapat di dalam percikan dahak seorang penderita TBC paru aktif 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).

2.1.3 Gejala Penyakit TBC

Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2018, gejala utama TBC Paru yaitu batuk berdahak selama 2 minggu atau bisa lebih. Adapun gejala tambahannya antara lain, dahak bercampur darah, sesak napas, badan lemas, berat badan menurun, nafsu makan berkurang, meriang selama lebih

dari satu bulan, berkeringat di malam hari tanpa diikuti aktifitas fisik, batuk darah dan malaise.

2.1.4 Pengendalian dan Pengobatan TBC

A. Pengendalian TBC

Beralaskan pernyataan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2016, pengendalian terhadap penyakit TBC memiliki tujuan untuk mengurangi bahkan mengikis penyebarannya di kalangan masyarakat. Adapun upaya yang harus dilakukan adalah:

1. Pengendalian bakteri penyebab TBC

Secara umum, pengendalian bakteri penyebab penyakit TBC dapat dilakukan dengan meningkatkan angka keberhasilan serta kesinambungan program pengobatan TBC. Pengendalian ini juga harus diiringi dengan pemberlakuan aturan terhadap komorbid TBC yaitu penyakit penyerta pasien yang dapat mempermudah terjangkitnya TBC.

2. Pengendalian faktor risiko individu

Upaya pengendalian faktor risiko individu antara lain dapat dilakukan dengan menerapkan budaya Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS), mengonsumsi makanan bergizi serta tidak merokok, menerapkan etika batuk dan membuang dahak bagi pasien TBC, memperbaiki kualitas nutrisi populasi yang terdampak TBC agar daya tahan tubuh masyarakatnya meningkat, serta melakukan pencegahan terhadap populasi yang lebih rentan, yaitu pemberian vaksin BCG kepada bayi yang baru lahir, memberikan profilaksis INH kepada anak balita, serta pada ODHA selama enam bulan dan melakukan pengulangan setiap tiga tahun.

3. Pengendalian faktor lingkungan

Pemberlakuan pengendalian terhadap faktor lingkungan dapat dilakukan dengan pengupayaan lingkungan yang bersih dan sehat, serta melakukan pelestarian dan perbaikan kualitas lingkungan tempat tinggal sesuai persyaratan baku rumah sehat.

4. Pencegahan dan Pengendalian Infeksi (PPI)

Secara umum, terdapat empat pilar upaya pencegahan dan penanggulangan infeksi TBC yaitu, Pengendalian secara manajerial, Pengendalian secara

administratif, Pengendalian lingkungan fasilitas pelayanan kesehatan, serta Pemanfaatan APD oleh petugas di lingkungan kesehatan.

B. Pengobatan TBC

Berdasarkan keterangan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2016, secara umum pengobatan TBC merupakan salah satu upaya paling efisien untuk mencegah penyebaran lebih lanjut oleh bakteri TBC. Pemberian Obat Anti Tuberkulosis (OAT) menjadi komponen terpenting dalam mewujudkan upaya tersebut. Pengobatan TBC memiliki beberapa tujuan antara lain:

1. Menyembuhkan serta memperbaiki kualitas hidup dan produktivitas pasien
2. Mencegah kematian dan dampak buruk yang ditimbulkan oleh penyakit TBC
3. Mengurangi serta mencegah kambuhnya TBC
4. Menurunkan risiko tingkat penularan TBC
5. Mencegah terjadinya dan penularan TBC resistan obat

Adapun tahapan pengobatan TBC meliputi tahap awal dan tahap lanjutan. Pada tahap awal, pengobatan diberikan setiap hari agar secara efektif dapat menurunkan jumlah bakteri yang berada pada tubuh dan meminimalisasi pengaruh bakteri yang mungkin sudah resistan sebelum pasien mendapatkan pengobatan. Tahap ini diberikan kepada pasien baru selama dua bulan. Umumnya, pengobatan secara teratur selama dua minggu pertama sudah dapat menurunkan daya penularan. Sedangkan pada tahap lanjutan, memiliki tujuan untuk membunuh sisa bakteri yang masih berada pada tubuh pasien. Khususnya untuk membunuh bakteri *persister* (dorman), agar pasien dapat sembuh serta mencegah kekambuhan (Susanto, 2016).

2.1.5 Resistansi

A. Resistansi pada *Mycobacterium tuberculosis* dan Obat Anti Tuberkulosis

Mengonsumsi obat yang sama dalam jangka waktu yang lama sering mengakibatkan kejenuhan sehingga tak jarang pasien TBC enggan mematuhi aturan dan anjuran yang telah ditetapkan. Hal tersebut tentunya berdampak pada kemunculan *strain* resistan obat. Berdasarkan molekuler biologi mikrobakteria, mekanisme penyebab munculnya *strain* resistan dapat dibagi menjadi dua, yakni (Irianti, 2016):

1. Mekanisme *acquired resistance*

Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* mampu mengalami resistansi terhadap antibiotik umum yang mana sebelumnya bakteri itu sensitif terhadap antibiotik tersebut. Keadaan ini disebut juga dengan “*acquired antibiotic resistance*”. Ini dapat terjadi ketika bakteri mengalami mutasi atau terjadi transfer gen horizontal.

2. Mekanisme resistansi intrinsik

Selain memiliki kemampuan bermutasi secara kromosomal seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, *Mycobacterium tuberculosis* juga memiliki mekanisme resistansi intrinsik. Mekanisme ini memiliki peluang untuk terjadinya netralisasi aktivitas antibiotik. Sehingga resistansi ini menyebabkan tingginya latar belakang resistansi yang membatasi penggunaan antibiotik serta dapat menghambat pengembangan obat baru.

Sedangkan resistansi pada obat anti-tuberkulosis dapat terjadi melalui berbagai mekanisme permutasian gen pada obat lini pertama, kedua dan ketiga.

B. Penyebab TBC resistan obat

Kasus TBC resistan obat terjadi akibat pasien yang tidak disiplin dalam mengonsumsi obat, kembali mengidap penyakit TBC setelah sembuh atau mengikuti serangkaian terapi, serta kembali ke daerah asal setelah berkunjung dari negara dengan prevalensi TBC resistan obat yang tinggi (Tabrani, 2010).

C. Pencegahan TBC Resistan Obat

Usaha yang paling tepat untuk mencegah TBC resistan obat yaitu dengan disiplin mengonsumsi obat sesuai saran dan anjuran petugas kesehatan. Semua obat harus diminum sesuai jadwal dan instruksi, tidak boleh adanya dosis yang terlewat ataupun pemberhentian pengobatan lebih awal. Pasien TBC juga harus aktif berkomunikasi dengan dokter apabila ditemukan kesulitan dalam meminum obat atau terjadi efek samping saat mengonsumsi obat. Layanan kesehatan juga harus membantu pasien TBC seperti melakukan diagnosa dini, pemberian pedoman pengobatan, dan memastikan selesainya terapi, pemantauan respon pasien terhadap obat, dan membuka ruang konsultasi secara leluasa untuk pasien (Tabrani, 2010).

2.2 Estimasi

2.2.1 Pengertian Estimasi

Pengertian estimasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah perkiraan, penilaian atau pendapat. Estimasi dapat diartikan sebagai sebuah kegiatan memperkirakan suatu kejadian dengan menggunakan metode tertentu. Dapat pula berarti menaksirkan nilai populasi melalui gambaran nilai atau data-data sampelnya. Umumnya, mengestimasi dilakukan dengan menarik kesimpulan statistik dari hal-hal yang bersifat umum ke yang hal yang bersifat khusus.

2.2.2 Runtun Waktu (*Time Series*)

Menurut Jadmiko (2018), *time series* (data runtun waktu) ialah satu rangkaian data yang melalui proses pengumpulan, perekaman ataupun pengamatan terhadap suatu gejala, kejadian, peristiwa atau perubahan yang diambil dari waktu ke waktu. Data *time series* dipergunakan sebagai gambaran dari suatu keadaan atau sifat variabel pada masa yang lalu untuk mengestimasi dari nilai variabel itu di masa depan.

Mengestimasi tentunya memerlukan data yang dapat dipakai sebagai acuan untuk memperkirakan. Maksud dari data tersebut ialah data berkala (*time series*). Data berkala merupakan kumpulan data dari waktu ke waktu sebagai penggambaran dari suatu kejadian seperti, perkembangan harga, hasil penjualan, produksi, jumlah personil, jumlah kecelakaan, jumlah penduduk, ekspor, impor dan sebagainya (Susanto, 2016).

Time series berhubungan dengan nilai-nilai suatu variabel yang diatur secara kronologis menurut perhitungan hari, minggu, bulan, atau tahun. Dalam analisis deret waktu langkah awal yang biasanya dilakukan adalah menggambarkan nilai-nilai variabel terlebih dahulu yang hendak diestimasi pada sumbu vertikal dan waktu pada sumbu horizontal yang digunakan untuk menyelidiki secara visual gerakan deret waktu pada suatu jangka waktu tertentu (Faroh, 2016).

2.2.3 Himpunan Kabur (*Fuzzy Set*)

Menurut Marimin (2013), *fuzzy set* juga sering disebut himpunan tidak pasti, himpunan kabur, gugus fuzzy dan sebagainya. Pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi Asker Zadeh dari Barkeley pada tahun 1965. Zadeh memperluas teorinya, sehingga ditemukanlah *crisp set* (himpunan klasik) menunjukkan kejadian

khusus dari *fuzzy set*. Kemudian Zadeh mendefinisikan *fuzzy set* dengan menggunakan *membership function* (fungsi keanggotaan) yang nilainya berada pada selang tertutup $[0,1]$. Oleh karena itu keanggotaan dalam *fuzzy set* bukan sesuatu yang tegas lagi, akan tetapi berderajat dan bergradasi secara kontiniu.

Secara matematis suatu himpunan kabur $\tilde{A}$ dalam semesta wacana X dapat dinyatakan sebagai himpunan pasangan terurut

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in X\} \quad (2.1)$$

dengan $\mu_{\tilde{A}}$ adalah fungsi keanggotaan dari himpunan kabur $\tilde{A}$ yang merupakan suatu pemetaan dari himpunan semesta X ke selang tertutup $[0,1]$. Jika semesta X adalah himpunan yang kontinu, maka himpunan kabur $\tilde{A}$ dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \frac{\mu_{\tilde{A}}(x)}{x} \quad (2.2)$$

dengan lambang $\int$ di sini bukan lambang integral seperti yang dikenal dalam kalkulus, tetapi melambangkan keseluruhan unsur-unsur $x \in X$ bersama dengan derajat keanggotaannya dalam himpunan kabur $\tilde{A}$. Sederhananya, menunjukkan bahwa $\tilde{A}$ adalah gugus pasang berurutan. Jika semesta X adalah himpunan yang diskrit, maka himpunan kabur $\tilde{A}$ dinyatakan dengan:

$$\tilde{A} = \sum_{x \in X} \frac{\mu_{\tilde{A}}(x)}{x} \quad (2.3)$$

dimana lambang $\sum$ pada rumus tersebut bukan melambangkan operasi penjumlahan seperti yang diketahui pada aritmatika, melainkan melambangkan keseluruhan unsur-unsur $x \in X$ bersama dengan derajat keanggotaannya dalam himpunan kabur (Marimin, 2013).

2.2.4 Fuzzy Time Series

Berdasarkan Bintang (2019), tahun 1993 untuk pertama kali Fuzzy Time Series digagas oleh Song dan Chissom. Jika U adalah himpunan semesta,

dimana $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$, maka suatu himpunan kabur A dari U didefinisikan sebagai berikut:

$$A_i = \frac{f_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{f_{A_i}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (2.4)$$

dimana f_{A_i} adalah fungsi keanggotaan dari himpunan kabur A_i , u_k adalah elemen dari himpunan kabur A_i dan $f_{A_i}(u_n)$ adalah derajat keanggotaan dari u_k pada A_i , $k = 1, 2, 3, \dots, n$.

Definisi 2.2.4.1. Misalkan himpunan semesta $(t)(t = 1, 2, 3, \dots, n)$, adalah subset dari R yang didefinisikan dengan himpunan kabur A_i . Jika (t) terdiri dari $A_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$, $F(t)$ didefinisikan sebagai FTS pada $Y(t)(t = \dots, 1, 2, 3, \dots, n)$

Definisi 2.2.4.2. Andaikan bahwa $F(t)$ disebabkan oleh $F(t-1)$, maka relasi dari orde pertama dari $F(t)$ dapat ditulis sebagai $F(t) = F(t-1) \circ R(t, t-1)$, di mana $R(t, t-1)$ adalah matriks relasi untuk menggambarkan hubungan kabur antara $F(t-1)$ dan $F(t)$, dan ' $\circ$ ' merupakan operator komposisi maksimum-minimum.

Definisi 2.2.4.3. Andaikan $(t) = A_i$ disebabkan oleh $(t-1) = A_j$, maka *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) didefinisikan sebagai $A_i \rightarrow A_j$ (Rukhansah, 2016).

Definisi 2.2.4.4. Menurut Rukhansah (2016), jika terdapat FLR yang diperoleh dari state A_2 , maka transisi dibuat ke state yang lain $A_j, j = 1, 2, \dots, n$. seperti $A_2 \rightarrow A_3, A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_1$. Oleh karena itu FLR dikelompokkan menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) seperti berikut:

$$A_2 = A_1, A_2, A_3 \quad (2.5)$$

Walaupun, berbagai model yang dimaksud untuk menentukan FLR, menurut Rukhansah (2016) FLRG dapat dikatakan mudah untuk dikerjakan dan dapat digunakan pada model yang dimaksud. Oleh karena itu, Rukhansah (2016) mengemukakan langkah-langkah untuk menyelesaikan model FTS, yaitu:

Langkah 1. Menentukan himpunan semesta U , dengan U adalah data historis. Ketika mendefinisikan himpunan semesta, data minimum dan data maksimum dari data historis yang diberikan didapatkan $D_{\min}$ dan $D_{\max}$.

Langkah 2. Membagi (partisi) himpunan semesta U menjadi beberapa bagian dengan interval (n) yang sama dengan menggunakan rumus *Sturges* berikut:

$$n = 1 + 3,322 \log N \quad (2.6)$$

dimana N adalah banyaknya data historis.

Perbedaan antara dua interval berturut bisa diinterpretasikan dengan l sebagai berikut:

$$l = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{n} \quad (2.7)$$

Sehingga memperoleh setiap interval yaitu:

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{\min}; D_{\min} + l] \\ u_2 &= [D_{\min} + l; D_{\min} + 2l] \\ &\vdots \\ u_n &= [D_{\min} + (n-1)l; D_{\min} + nl] \end{aligned} \quad (2.8)$$

Langkah 3. Menentukan himpunan kabur untuk seluruh himpunan semesta U . Tidak ada batasan untuk menentukan banyaknya variabel linguistik yang dapat menjadi himpunan kabur. Untuk mempermudah, setiap himpunan kabur $A_i, i=1,2,\dots,n$ didefinisikan dalam jumlah n interval yaitu $u_1 = [d_1, d_2]$, $u_2 = [d_2, d_3]$, $u_3 = [d_3, d_4]$, $\dots$, $u_n = [d_n, d_{n+1}]$.

Menurut Boaisa dan Amaitik (2010), seluruh himpunan kabur dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.4) dimana $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_1 &= \left\{ \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \dots + \frac{0}{u_n} \right\} \\ A_2 &= \left\{ \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \dots + \frac{0}{u_n} \right\} \\ A_n &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \dots + \frac{0,5}{u_{n-1}} + \frac{1}{u_n} \right\} \end{aligned} \quad (2.9)$$

Ketentuan untuk menetapkan derajat keanggotaan u_1 ialah sebagai berikut:

$$A_1 = \sum_{j=1}^n \frac{\mu_{ij}}{u_{ij}} \quad (2.10)$$

Dimana μ_{ij} ialah derajat keanggotaan u_{ij} kepunyaan A_1 yang ditentukan sebagai berikut:

$$\mu_{ij} \lim_{x \rightarrow \infty} \begin{cases} 1; (i = j) \\ 0,5; (j = i - 1) \text{ atau } (i = j - 1) \\ 0; \text{lainnya} \end{cases} \quad (2.11)$$

Berikut adalah beberapa aturan:

- Jika data historis (Y_t) adalah u_1 , maka derajat keanggotaan u_1 adalah 1. u_{i+1} adalah 0,5 dan lainnya adalah 0.
- Jika data historis (Y_t) adalah u_1 , $1 < i < n$, maka derajat keanggotaan u_1 adalah 1. u_{i+1} adalah 0,5 dan lainnya adalah 0.
- Jika data historis (Y_t) adalah u_1 , maka derajat keanggotaan u_1 adalah 1. u_{i+1} adalah 0,5 dan lainnya adalah 0.

Langkah 4. Melakukan fuzzifikasi terhadap data historis. Pada langkah ini bertujuan untuk menemukan himpunan kabur yang sesuai untuk setiap data.

Langkah 5a. Menentukan FLR.

Langkah 5b. Menentukan FLRG. Menurut Definisi 2.2.4.4, FLRG dapat diperoleh secara mudah.

Langkah 6. Menghitung *output* yang akan diramalkan. Jika $F(t-1) = A_j$, peramalan dari $F(t)$ yaitu berlaku peraturan dasar berikut:

- a. Jika FLRG dari A_j adalah kosong ($A_j \rightarrow \emptyset$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_j , yaitu titik tengah dari interval u_j :

$$F(t) = m_j \quad (2.12)$$

- b. Jika FLRG dari A_j adalah satu ke satu ($A_j \rightarrow A_k, j, k = 1, 2, \dots, n$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_k , yaitu titik tengah dari interval u_k .

$$F(t) = m_k \quad (2.13)$$

- c. Jika FLRG dari A_j adalah satu ke banyak ($A_j \rightarrow A_1, A_3, A_5; j = 1, 2, \dots, n$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah sama untuk penghitungan rata-rata dari m_1, m_3, m_5 , titik tengah dari interval u_1, u_3, u_5 :

$$F(t) = \frac{(m_1 + m_3 + \dots + m_5)}{n} \quad (2.14)$$

2.2.5 Rantai Markov

Markov chain (rantai markov) untuk kali pertama dikembangkan oleh A. A. markov, seorang ahli berkebangsaan Rusia, pada tahun 1906. Rantai markov diilustrasikan dengan menganggap $\{X_n, n = 0, 1, 2, \dots\}$ sebagai suatu proses stokastik berhingga. Jika $X_n = i$, maka proses ini terjadi di i pada saat n . Berdasarkan anggapan bahwa kapan pun proses ini terjadi di *state* i , terdapat sebuah peluang di *state* P_{ij} yang akan berpindah ke *state* j . Sehingga dapat ditulis:

$$P\{X_{n+1} = j | X_n = i, X_{n-1} = i_{n-1}, \dots, X_1 = i_1, X_0 = i_0\} = P_{ij} \quad (2.15)$$

untuk semua *state* $i_0, i_1, \dots, i_{n-1}, i, j, n \geq 0$. Proses inilah yang disebut dengan rantai markov (Widyasari, 2012).

Menurut Faroh (2016), persamaan tersebut diinterpretasikan dalam rantai *Markov* sebagai distribusi bersyarat dari *state* yang akan datang X_{n+1} , yang diperoleh dari *state* sebelumnya $X_0, X_1, \dots, X_{n-1}$ dan *state* yang sekarang X_n , dan tidak bergantung pada *state* sebelumnya tapi bergantung pada *state* yang sekarang.

Jika *state* A_i membuat transisi dengan *state* A_j dan melewati *state* lainnya $A_k, i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ maka dapat diperoleh FLRG. Penentuan FLRG yang merupakan pengelompokan dari setiap perpindahan *state*, yaitu *state* saat ini (*current state*) dan *state* selanjutnya (*next state*). Pada setiap FLRG terdapat hubungan antara dua *state* yang disebut dengan *current state* dan *next state*. *Current state* merupakan nilai yang akan dihitung sebagai nilai peramalan. Sedangkan *next state* merupakan data yang digunakan sebagai syarat untuk memperoleh nilai pada *current state*. Probabilitas transisional untuk *state* tersebut dapat ditulis sebagai berikut (Faroh, 2016):

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}, i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.16)$$

dimana,

P_{ij} = probabilitas transisional dari *state* A_i ke A_j dengan satu langkah

M_{ij} = waktu transisional dari *state* A_i ke A_j dengan satu langkah

M_i = jumlah data dari *state* A_i

Sehingga matriks probabilitas transisional dapat dituliskan sebagai berikut:

$$R = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

Terdapat beberapa definisi melalui matriks **R** di atas, antara lain:

Definisi 2.2.5.1. Jika $P_{ij} \geq 0$, maka *state* A_j dapat diakses dari *state* A_i .

Definisi 2.2.5.2. Jika *state* A_i dan A_j saling dapat diakses, maka A_i berkomunikasi dengan A_j (Rukhansah, 2016).

2.2.6 Fuzzy Time Series-Markov Chain

Menurut Rukhansah (2016), *Fuzzy Time Series Markov Chain* (FST-MC) memiliki persamaan langkah dengan FST klasik, yaitu pada langkah 1 sampai dengan 5. Perbedaan antara keduanya terletak pada langkah 6 sampai 8 sebagaimana berikut:

Langkah 6. Menghitung hasil peramalan awal. Untuk data *time series*, digunakan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG), yang informasinya dapat digunakan untuk mendapatkan probabilitas *state* selanjutnya. Sehingga didapatkan matriks transisi *Markov*; *state n* didefinisikan untuk setiap langkah waktu himpunan kabur n sehingga dimensi dari matriks transisi adalah $n \times n$.

Dari matriks probabilitas yang didapat pada tahap sebelumnya, nilai peramalan awal dapat dihitung dengan aturan sebagai berikut:

- a. Jika FLRG A_i adalah kosong ($A_i \rightarrow \emptyset$) maka hasil peramalan $F(t)$ adalah m_i , yaitu nilai tengah dari u_i dengan persamaan:

$$F(t) = m_i \quad (2.18)$$

- b. Jika FLRG A_i adalah satu ke satu ($A_i \rightarrow A_k$ dengan $P_{ij} = 0$ dan $P_{ik} = 1, j \neq k$), maka hasil peramalan $F(t)$ adalah m_k yaitu nilai tengah dari u_k dengan persamaan:

$$F(t) = m_k P_{ik} = m_k \quad (2.19)$$

- c. Jika FLRG A_j adalah satu ke banyak ($A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n, j=1, 2, \dots, n$), jika kumpulan data $Y(t-1)$ pada saat $t-1$ yang berada pada *state* A_j , maka hasil peramalan $F(t)$ adalah sebagai berikut:

$$F(t) = m_1 P_{j1} + m_2 P_{j2} + \dots + m_{j-1} P_{j(j-1)} + Y(t-1) P_j + m_{j+1} P_{j(j+1)} + \dots + m_n P_{jn} \quad (2.20)$$

dengan $m_1, m_2, \dots, m_{j-1}, m_{j+1}, \dots, m_n$ merupakan titik tengah dari $u_1, u_2, \dots, u_{j-1}, u_{j+1}, \dots, u_n$ dan m_j disubstitusikan ke $Y(t-1)$ agar diperoleh informasi dari *state* A_j saat $t-1$.

Langkah 7. Menyelesaikan kecenderungan nilai peramalan. Untuk percobaan *time series*, sampel berukuran besar selalu dibutuhkan. Oleh karena itu, ukuran sampel yang kecil ketika memodelkan model FTS-MC diperoleh matriks *Markov Chain* yang selalu bias, dan beberapa penyesuaian untuk meramalkan nilai disarankan untuk meninjau kembali kesalahan peramalan. Aturan penyesuaian untuk nilai peramalan dijelaskan sebagai berikut:

- a. Jika *state* A_i berkomunikasi dengan A_i , dimulai dari *state* A_i pada saat $t-1$ sebagaimana $F(t-1) = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi naik ke *state* A_j pada saat $t, (i < j)$, maka nilai penyesuaian D_t ditentukan sebagai:

$$D_{t1} = \left(\frac{1}{2} \right) \quad (2.21)$$

- b. Jika *state* A_i berkomunikasi dengan A_i , dimulai dari *state* A_i pada saat $t-1$ sebagaimana $F(t-1) = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi turun ke *state* A_j pada saat $t, (i > j)$, maka nilai penyesuaian D_t ditentukan sebagai:

$$D_{t1} = -\left(\frac{1}{2} \right) \quad (2.22)$$

- c. Jika *state* A_i pada saat $t-1$ sebagaimana $F(t-1) = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi maju ke *state* A_{i+s} pada saat $t, (1 \leq s \leq n-1)$, maka nilai penyesuaian D_t ditentukan sebagai:

$$D_{t1} = \left(\frac{1}{2}\right)s, (1 \leq s \leq n-1) \quad (2.23)$$

dengan s adalah banyak perpindahan transisi maju.

- d. Jika *state* A_i pada saat $t-1$ sebagaimana $F(t-1) = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi mundur ke *state* A_{i-v} pada saat $t, (1 \leq v \leq i)$, maka nilai penyesuaian D_t ditentukan sebagai:

$$D_{t1} = -\left(\frac{1}{2}\right)v, (1 \leq v \leq i) \quad (2.24)$$

dengan v adalah banyaknya perpindahan transisi mundur.

Langkah 8. Menentukan hasil peramalan akhir. Jika FLRG dari A_i adalah satu ke banyak, dan *state* A_{i+1} dapat diperoleh dari *state* A_i di mana *state* A_i berkomunikasi dengan A_i , maka penyesuaian hasil peramalan $F'(t)$ dapat diperoleh sebagai $F'(t) = F(t) + D_{t1} + D_{t2} = F(t) + \frac{l}{2} + \frac{l}{2}$. Jika FLRG dari A_i adalah satu ke banyak dan *state* A_{i+1} dapat diperoleh dari *state* A_i tetapi *state* A_i tidak berkomunikasi dengan A_i , maka penyesuaian hasil peramalan $F'(t)$ dapat diperoleh sebagai $F'(t) = F(t) + \frac{l}{2}$. Jika FLRG dari A_i adalah satu ke banyak dan *state* A_{i-2} dapat diperoleh dari *state* A_i tetapi *state* A_i tidak berkomunikasi dengan *state* A_i maka penyesuaian hasil peramalan $F'(t)$ dapat diperoleh sebagai

$$F'(t) = F(t) - D_{t1} = F(t) - \left(\frac{l}{2}\right)2 = F(t) - l \text{ dan diperoleh bentuk umum hasil}$$

peramalan $F'(t)$, yaitu:

$$F'(t) = F(t) \pm D_{t1} \pm D_{t2} = F(t) \pm \frac{l}{2} \pm \frac{l}{2}v \quad (2.25)$$

dengan l adalah rata-rata dari selisih interval yang berurutan dan v adalah perpindahan transisi.

2.2.7 Perhitungan Error

Estimasi adalah sebuah teknik dalam membandingkan hasil estimasi dengan kejadian nyata. Perbandingan tersebut bisa menghasilkan kesalahan atau penyimpangan, maka semakin kecil nilai penyimpangan semakin akurat pulalah teknik peramalan yang digunakan (Jadmiko, 2018).

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) digunakan dalam mengetahui keakuratan peramalan. Rumusnya adalah sebagai berikut (Jadmiko, 2018):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y(t) - F'(t)|}{Y(t)} \times 100\% \quad (2.26)$$

dengan,

$Y(t)$ = nilai aktual pada periode $ke - t$

$F'(t)$ = nilai peramalan akhir pada periode $ke - t$

n = jumlah sampel

Kriteria keakuratan MAPE menurut Faroh (2016) dapat dikatakan sangat baik apabila nilai $MAPE < 10\%$, baik dengan nilai $MAPE 10\%-20\%$, cukup jika nilai $20\%-50\%$ dan tidak akurat apabila nilai $MAPE > 50\%$.

2.3 Estimasi Berdasarkan Al-Quran

Estimasi atau peramalan banyak dijelaskan di dalam Al-Quran, salah satunya terdapat pada Q.S. Yusuf /12: 47-48, sebagaimana berikut:

قَالَ تَزْرَعُونَ سَبْعَ سِنِينَ دَأْبًا فَمَا حَصَدْتُمْ فَذَرُوهُ فِي سُنْبُلِهِ إِلَّا قَلِيلًا مِّمَّا تَأْكُلُونَ. ثُمَّ يَأْتِي مِنْ بَعْدِ ذَلِكَ سَبْعٌ شِدَادٌ يَأْكُلْنَ مَا قَدَّمْتُمْ لَهُنَّ إِلَّا قَلِيلًا مِّمَّا تَحْصِلُونَ.

“Yusuf berkata ‘Supaya kamu bertanam tujuh tahun (lamanya) sebagaimana biasa; maka apa yang kamu tuai hendaklah kamu biarkan dibulirnya kecuali sedikit untuk kamu makan. Kemudian sesudah itu akan datang tujuh tahun yang amat sulit, yang menghabiskan apa yang kamu simpan untuk menghadapinya (tahun sulit), kecuali sedikit dari (bibit gandum) yang kamu simpan.’” (QS. Yusuf/12:47-48).

Ayat tersebut menerangkan bahwa Yusuf mengatakan kepada utusan raja dan para pemberas kerajaan serta menjelaskan kepada mereka apa yang harus mereka lakukan untuk menangani bahaya yang akan menimpa negara dan seluruh penduduknya, sesuai dengan petunjuk dalam mimpi itu sebelum ta’wil mimpi itu sungguh-sungguh terjadi. Yang harus mereka lakukan ialah menanam gandum selama tujuh tahun berturut-turut tanpa terhenti kemudian hasil panennya disimpan pada tangkainya dan menjaganya agar tidak lembab dan terkena ulat. Tujuannya agar gandum tersebut mampu menjadi persediaan makana umat manusia begitu juga ternak-ternak saat diperlukan. Hasil panen harus dihemat dan yang dapat diambil hanya sedikit untuk dimakan disetiap tahunnya hanya sekedar untuk memenuhi kebutuhan serta sebagai penghilang lapar. Inilah maksud dari penta’wilan mimpi Tujuh tahun dari tujuh ekor lembu yang gemuk. Sedangkan tangkai hijau dasarnya ialah ta’wil dari penanaman pertahunnya. Setelahnya akan datang tujuh tahun yang seluruhnya ialah masa kekeringan dan kekurangan. Sehingga penduduk waktu itu memakan persediaan selama tujuh tahun sebelumnya untuk menangani tujuh tahun berikutnya. Sedikit saja dari persediaan yang dimakan dan disimpan untuk dijadikan benih. (Al-Maraghi, 1988)