

Penerapan Model *FTS-Markov Chain* untuk Peramalan Cuaca di Jalur Penyeberangan Gresik-Bawean

Binar Rahmawati Dwi Prihatni Aliek*, Moh. Hafiyusholeh*, Nurissaidah Ulinnuha*, Fajar Setiawan**

*Program Studi Matematika, UIN Sunan Ampel Surabaya

**Stasiun Meteorologi Maritim Perak 2 Surabaya

Email: binarbrd06@gmail.com, hafiyusholeh@uinsby.ac.id, nuris.ulinnuha@uinsby.ac.id,
setia.1.fajar@gmail.com

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 1 Oktober 2018

Direvisi: 1 November 2018

Diterbitkan: 1 Desember 2018

Kata Kunci:

Cuaca
FTS-Markov Chain
MAPE

ABSTRAK

Cuaca merupakan salah satu faktor yang paling berpengaruh bagi sebagian besar masyarakat. Cuaca buruk tentunya akan menghambat sebagian besar kegiatan dalam kehidupan masyarakat. Untuk mengetahui perkiraan keadaan cuaca yang akan datang, maka dapat dilakukan dengan peramalan terhadap parameter cuaca. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode *FTS-Markov Chain*. Metode *FTS-Markov Chain* ini dapat menyelesaikan nilai penyimpangan dari suatu nilai hasil prediksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil dari suatu peramalan atau prediksi cuaca di jalur penyeberangan Gresik-Bawean. Setelah itu, akan dilakukan perhitungan *error* dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk mengetahui tingkat keakuratan dari model prediksi yang telah dibuat. Parameter cuaca yang digunakan dalam penelitian ini adalah data angin dan gelombang di tiga titik lokasi pada daerah penyeberangan Gresik-Bawean. Hasil penelitian ini dari data angin, gelombang 1, gelombang 2, dan gelombang 3 memiliki nilai MAPE yaitu 0,018 %, 0,001 %, 0,003 %, dan 0,001 %. Nilai MAPE dari masing-masing data kurang dari 10 % yang artinya model yang telah dibangun dari penelitian ini memenuhi kriteria yang sangat baik. Sehingga metode *FTS-Markov Chain* ini sangat baik untuk diterapkan dalam peramalan cuaca di jalur penyeberangan Gresik-Bawean. Peramalan menggunakan *FTS-Markov Chain* menghasilkan peramalan selama dua hari ke depan.

Copyright © 2018 SIMANIS.
All rights reserved.

Korespondensi:

Binar Rahmawati Dwi Prihatni Aliek,
Program Studi Matematika,
UIN Sunan Ampel Surabaya
JL. A. Yani 117, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, 60237
Email: binarbrd06@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki wilayah perairan seluas 6.135.222 km² [1]. Hal ini menyebabkan jalur transportasi yang sering digunakan untuk penyeberangan antar pulau adalah jalur transportasi laut. Selain itu jalur transportasi laut dipilih karena lebih murah dibanding menggunakan jalur transportasi udara. Jalur transportasi laut sendiri sangat bergantung pada kondisi cuaca dan gelombang. Jika terjadi cuaca buruk pada jalur penyeberangannya maka akan menyebabkan berbagai masalah yang banyak meresahkan masyarakat pengguna jalur transportasi laut, misalnya kecelakaan dan penundaan keberangkatan kapal di pelabuhan.

Maka dari itu usaha preventif pun harus dilakukan agar dampak dari cuaca ekstrim tersebut dapat terdeteksi secara dini. Salah satu usaha yang dimaksud adalah perlunya dilakukan peramalan terhadap cuaca di jalur penyeberangan Gresik-Bawean. Terdapat beberapa metode peramalan yang dapat dilakukan untuk memprediksi cuaca antara lain Fuzzy Time series, Rantai Markov, ANN, ANFIS, dan lain-lain. Penelitian mengenai model FTS-*Markov Chain* ini pertama kali dilakukan oleh Tsaur (2012) yang memprediksi nilai mata uang Taiwan terhadap USD dengan hasil yang cukup baik, yaitu dengan nilai MAPE sebesar 0.6092%. Selain itu penelitian mengenai model ini juga diterapkan oleh Rukhansah, Muslim dan Arifudin (2015) terhadap harga saham yang memiliki hasil keakurasiannya sebesar 98,6187% serta penelitian oleh Faroh (2016) terhadap inflasi dengan hasil nilai *error* yang cukup baik, yaitu 0,13.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut dapat diketahui bahwa model FTS-*Markov Chain* merupakan model yang cukup bagus melihat dari nilai *error*. Selain itu FTS-*Markov Chain* ini memiliki kelebihan dalam menyelesaikan nilai penyimpangan pada hasil sebuah peramalan, oleh karena peneliti tertarik untuk menerapkan model FTS-*Markov Chain* pada data cuaca di jalur penyeberangan yang selanjutnya akan dihitung nilai akurasi dan nilai peramalannya dengan judul ‘Penerapan Model FTS-*Markov Chain* Untuk Peramalan Cuaca di Jalur Penyeberangan Gresik Bawean’.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Cuaca

Cuaca merupakan suatu keadaan atmosfer yang dinyatakan berdasarkan beberapa parameter antara lain suhu, tekanan udara, angin, kelembapan, dan fenomena hujan yang lain di suatu daerah dalam kurun waktu pendek [2]. Cuaca sangat mempengaruhi setiap aktivitas masyarakat seperti dalam bidang pertanian, penerbangan, pelayaran, dan lain-lain. Selain itu cuaca juga sangat berpengaruh di bidang transportasi khususnya transportasi laut.

Transportasi laut dipengaruhi oleh cuaca di laut atau yang biasa disebut cuaca maritim. Cuaca maritim sendiri dapat diartikan sebagai suatu keadaan atmosfer udara yang terjadi di laut pada waktu tertentu dan dalam kurun waktu pendek [3]. Transportasi laut dipengaruhi oleh cuaca karena cuaca ekstrem, jika cuaca di laut tergolong ekstrem maka pemberangkatan dari transportasi laut juga akan dibatalkan atau ditunda.

Ada beberapa jenis transportasi laut, namun jenis transportasi laut yang sering digunakan oleh masyarakat adalah perahu nelayan, kapal tongkang, kapal feri, dan kapal ukuran besar (kapal kargo, kapal pesiar). Jenis-jenis kapal ini memiliki daya tahan yang berbeda-beda terhadap cuaca di laut. Tabel 1 menjelaskan daya tahan transportasi laut terhadap cuaca berdasarkan jenis,

Tabel 1. Matrik Risiko Keselamatan Pelayaran

No	Tipe Kapal	Data	Level Risiko			
			Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi
1	Perahu Nelayan	Angin	< 7 knot	7-10 knot	10-15 knot	> 15 knot
		Gelombang	< 0.5 m	0.5-1.0 m	1.0-1.25 m	> 1.25 m
2	Kapal Tongkang	Angin	< 7 knot	7-10 knot	10-16 knot	> 16 knot
		Gelombang	< 0.75 m	0.75-1.0 m	1.0-1.5 m	> 1.5 m
3	Kapal Ferry	Angin	< 11 knot	11-15 knot	15-21 knot	> 21 knot
		Gelombang	< 1.25 m	1.25-2.0 m	2.0-2.5 m	> 2.5 m
4	Kapal Kargo, Kapal Pesiar	Angin	< 16 knot	16-21 knot	21-27 knot	> 27 knot
		Gelombang	< 2.0 m	2.0-2.5 m	2.5-4.0 m	> 4.0 m

2.2. Fuzzy Time Series Markov Chain

Fuzzy Time series (FTS) merupakan sebuah konsep keilmuan yang diusulkan oleh Song dan Chissom yang digunakan untuk penyelesaian masalah peramalan dengan data historis berupa nilai-nilai linguistik [4]. Konsep dasar dari perhitungan model FTS ialah jika U merupakan himpunan semesta dengan $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, \dots, u_n\}$ maka himpunan fuzzy $A_i (i = 1, 2, 3, 4, \dots, n)$ dapat didefinisikan dengan

$$A_i = \frac{f_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{f_{A_i}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_{A_i}(u_k)}{u_k} \quad (1)$$

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

Definisi 1.

Misalkan diberikan himpunan semesta $Y(t)$ dengan $(t = \dots, 0, 1, 2, 3, \dots, n, \dots)$ merupakan subset dari bilangan real yang didefinisikan dengan himpunan fuzzy $A_i(t)$. Jika $F(t)$ memiliki anggota yang terdiri dari $A_1(t), A_2(t), \dots, A_i(t)$ maka $F(t)$ disebut *Fuzzy Time Series* (FTS) pada $Y(t)$ dengan $(t = \dots, 0, 1, 2, 3, \dots, n)$ [5].

Definisi 2.

Model peramalan Fuzzy Time series (FTS) orde pertama musiman. Diberikan $F(t)$ sebagai Fuzzy Time series. Asumsikan terdapat musiman di $\{F(t)\}$, maka model peramalan Fuzzy Time series orde pertama musiman adalah : $F(t - m) \rightarrow F(t)$, dimana m adalah periode [5].

Definisi 3.

Andaikan $F(t) = A_i$ disebabkan oleh $F(t - m) = A_j$, maka Fuzzy Logical Relationship (FLR) dapat didefinisikan sebagai $A_i \rightarrow A_j$.

Jika terdapat FLR yang diperoleh dari state A_2 , maka transisi dibuat ke state yang lain A_j , $j = 1, 2, 3, \dots, n$, seperti $A_2 \rightarrow A_1, A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_3, \dots, A_2 \rightarrow A_n$. Maka FLR dapat dikelompokkan menjadi Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) seperti berikut :

$$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3, \dots, A_n \quad (2)$$

Hubungan antara metode peramalan FTS dan Markov Chain pertama kali digunakan oleh Tsaur (2012) dengan topik peramalan nilai mata uang Taiwan terhadap US Dollar. Adapun langkah-langkah dari model ini pada langkah 1 sampai langkah 5 sama dengan model Fuzzy Time series (FTS). Namun yang membedakan antara model FTS dan FTS-Markov Chain yaitu pada langkah 6 sampai dengan langkah 8.

1. Menentukan himpunan semesta U , dengan U adalah data historis. Ketika mendefinisikan himpunan semesta, data minimum dan data maksimum dari data historis yang telah diberikan akan didapatkan D_{min} dan D_{max} . Pada dasarnya himpunan semesta U dapat didefinisikan dengan $[U_{min}; U_{max}] = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2]$, dimana D_1 dan D_2 merupakan bilangan positif yang sesuai.
2. Membagi himpunan semesta U menjadi beberapa bagian dengan interval (n) yang sama dengan menggunakan rumus Sturges berikut :

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

dengan N merupakan banyaknya data historis.

Perbedaan antara dua interval berturut-turut dapat didefinisikan dengan l sebagai berikut :

$$l = \frac{U_{max} - U_{min}}{n} = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{n} \quad (4)$$

Maka setiap interval diperoleh yaitu :

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{min} - D_1; D_{min} - D_1 + l] \\ u_2 &= [D_{min} - D_1 + l; D_{min} - D_1 + 2l] \\ &\vdots \\ u_n &= [D_{min} - D_1 + (n-1)l; D_{min} - D_1 + nl] \\ u_n &= [d_n; d_{n+1}] \end{aligned} \quad (5)$$

Setelah mendapatkan interval dari pembagian himpunan semesta U maka dapat dihitung nilai tengah dari masing-masing interval yang dapat didefinisikan dengan m_n dengan rumus:

$$m_n = \frac{d_n + d_{n+1}}{2} \quad (6)$$

3. Menentukan himpunan fuzzy untuk seluruh himpunan semesta U . Setiap himpunan fuzzy $A_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$ didefinisikan dalam jumlah n interval, yaitu $u_1 = [d_1; d_2], u_2 = [d_2; d_3], u_3 = [d_3; d_4], \dots, u_n = [d_n; d_{n+1}]$.

Himpunan fuzzy A_i dapat diperoleh melalui :

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{\mu_{ij}}{u_{ij}} \quad (7)$$

dengan μ_{ij} merupakan derajat keanggotaan yang dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\mu_{ij} = \begin{cases} 1 & ; i = j \\ 0,5 & ; j = i - 1 \text{ atau } i = j + 1 \\ 0 & ; \text{lainnya} \end{cases} \quad (8)$$

Persamaan (8) dapat dijelaskan dengan beberapa aturan sebagai berikut:

Jika data historis Y_j adalah u_i maka derajat keanggotaan u_i adalah 1, u_{i+1} adalah 0.5, dan untuk lainnya adalah 0. Jika data historis Y_j adalah u_i dengan $1 < i < n$ maka derajat keanggotaan u_i adalah 1, u_{i+1} adalah 0.5, dan untuk lainnya adalah 0.

Jika data historis Y_j adalah u_n maka derajat keanggotaan u_n adalah 1, u_{i+1} adalah 0.5, dan untuk lainnya adalah 0. Oleh karena itu berdasarkan persamaan (2), himpunan fuzzy dari $A_1, A_2, \dots, A_n$ dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$A_n = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0,5/u_{n-1} + 1/u_n\} \quad (9)$$

4. Menentukan fuzzifikasi terhadap data historis.

5. Menentukan FLR dan FLRG.

6. Menghitung output dari peramalan awal. Pada data time series digunakan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) untuk mendapatkan probabilitas state selanjutnya, Sehingga didapatkan matriks transisi untuk Markov dengan dimensi matriks transisi yaitu $n \times n$.

Selanjutnya nilai dari matriks probabilitas yang sudah didapatkan dihitung dengan aturan sebagai berikut:

Aturan 1: Jika FLRG dari A_j adalah himpunan kosong ($A_j \rightarrow \emptyset$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_j , dimana titik tengah dari interval u_j adalah

$$F(t) = m_j \quad (13)$$

Aturan 2: Jika FLRG dari A_j adalah himpunan satu ke satu ($A_j \rightarrow A_l$) dengan $P_{jk} = 0$ dan $P_{jl} = 1, k \neq l$, maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_l , dimana titik tengah dari interval u_k adalah

$$F(t) = m_l P_{jl} = m_l \quad (14)$$

Aturan 3: Jika FLRG dari A_j adalah himpunan 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 peramalan dari $F(t)$ adalah sebagai berikut:

$$F(t) = m_1 P_{j1} + m_2 P_{j2} + \dots + m_{j-1} P_{j(j-1)} + Y(t-1) P_j + m_{j+1} P_{j(j+1)} + \dots + m_n P_{jn} \quad (15)$$

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 $Y(-1)$ agar diperoleh informasi dari state A_j saat $t-1$.

7. Menyelesaikan kecenderungan nilai peramalan. Pada percobaan time series sampel berukuran besar selalu dibutuhkan. Maka dari itu, ukuran sampel kecil ketika dimodelkan dengan model FTS-Markov Chain selalu diperoleh matriks Markov Chain yang bias, dan beberapa penyesuaian untuk meramalkan nilai disarankan untuk meninjau kembali kesalahan peramalan.

Aturan penyesuaian untuk nilai peramalan dijelaskan sebagai berikut:

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

$$D_{t1} = \left(\frac{l}{2}\right) \quad (16)$$

Aturan 2: Jika state A_j berkomunikasi dengan A_j , dimulai dari state A_j pada saat $t-1$ sebagaimana $F(t-1) = A_j$ dan terjadi perpindahan transisi turun ke state A_j pada saat t , ($i > j$), maka nilai penyesuaian D_t ditentukan sebagai:

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right) \quad (17)$$

Aturan 3: Jika state A_j pada saat $t-1$ sebagaimana $F(t-1) = A_j$ dan terjadi perpindahan transisi maju ke state A_{j+s} pada saat t , ($1 \leq s \leq n-j$), maka nilai penyesuaian D_t ditentukan sebagai:

$$D_{t2} = \left(\frac{l}{2}\right) s, \quad (i \leq s \leq n-1) \quad (18)$$

dengan s adalah banyaknya perpindahan transisi maju.

Aturan 4: Jika state A_j pada saat $t-1$ sebagaimana $F(t-1) = A_j$ dan terjadi perpindahan transisi mundur ke state A_{j-v} pada saat t , ($1 \leq v \leq n-j$), maka nilai penyesuaian D_t ditentukan sebagai:

$$D_{t2} = -\left(\frac{l}{2}\right) v, \quad (i \leq v \leq j) \quad (19)$$

dengan v adalah banyaknya perpindahan transisi mundur.

8. Menentukan hasil peramalan akhir. Jika FLRG dari A_j adalah satu ke banyak, dan state A_{j+1} dapat diperoleh dari state A_j dimana state A_j berkomunikasi dengan A_j , maka penyesuaian hasil peramalan $F'(t)$ dapat diperoleh dengan

$$F'(t) = F(t) \pm D_{t1} + D_{t2} = F(t) \pm \frac{l}{2} \pm \frac{l}{2} v \quad (20)$$

2.3. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Penggunaan teknik peramalan dengan tingkat *error* terkecil merupakan teknik peramalan yang terbaik. Salah satu metode perhitungan error ini adalah dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan rumus sebagai berikut [4]:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y(t) - F'(t)|}{Y(t)} \times 100\% \quad (21)$$

$Y(t)$ = Data aktual

$F'(t)$ = Data peramalan

Kriteria keakuratan dari metode perhitungan error MAPE ini dijelaskan pada Tabel 2:

Tabel 2. Kriteria Tingkat Keakuratan MAPE

Kriteria Peramalan	Batas Persentase MAPE
Peramalan sangat baik	MAPE < 10%
Peramalan baik	MAPE 10% – 20%
Peramalan cukup	MAPE 20% – 50%
Peramalan tidak akurat	MAPE > 50%

3. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

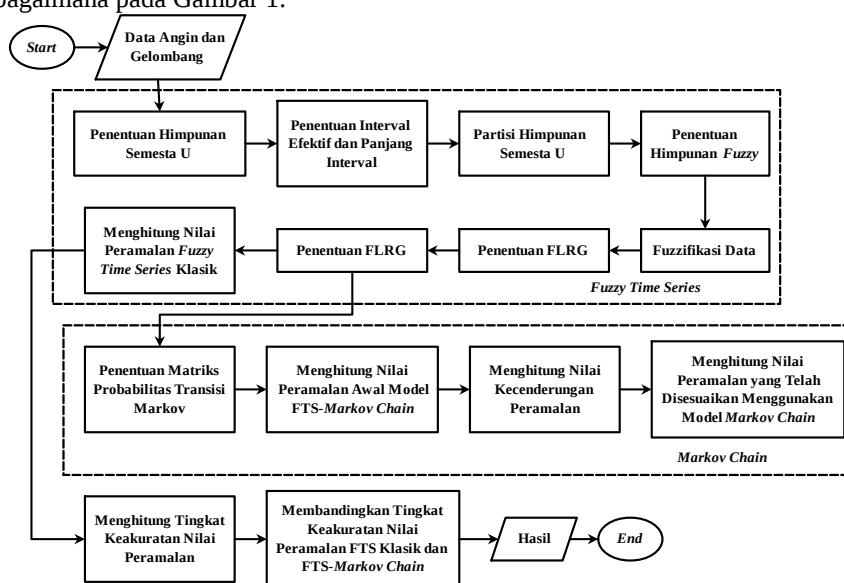
Dalam penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif[6]. Pendekatan deskriptif kuantitatif merupakan pendekatan yang bersifat numerik dan menginterpretasi hasil dalam bentuk deskripsi. Pendekatan dilakukan dengan menganalisis dan menyusun data yang ada dan sesuai dengan kebutuhan penulis.

3.2. Data

Dalam penelitian ini terdiri dari dua data, yaitu data ketinggian gelombang dan data angin di daerah jalur penyeberangan Gresik-Bawean dengan periode 2016-2017. Data tinggi gelombang diambil di tiga titik koordinat pada daerah jalur penyeberangan Gresik-Bawean yaitu titik koordinat 112.573700E-6.214023S, 112.517700E-6.570427S, dan 112.273000E-5.981631S. Data ini diperoleh di Stasiun Meteorologi Maritim Perak 2 Surabaya.

3.3. Teknik Analisis Data

Untuk mempermudah proses menganalisis data maka peneliti menggunakan perangkat lunak MATLAB R2013a. Adapun rancangan analisis yang dilakukan dapat disajikan dalam *flowchart* rancangan analisis data sebagaimana pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Rancangan Analisis Data

Dari Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa dalam melakukan penelitian ini penulis melakukan beberapa tahap, yaitu :

1. Menyiapkan data

Data angin dan data gelombang daerah jalur penyeberangan Gresik-Bawean diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya.

2. Memodelkan FTS-Klasik

- Menentukan himpunan semesta U , dengan U adalah data historis.
- Membagi himpunan semesta U
- Menentukan himpunan fuzzy untuk seluruh himpunan semesta U .
- Menentukan fuzzifikasi terhadap data historis.

- e. Menentukan FLR (*Fuzzy Logical Relationship*) dan FLRG (*Fuzzy Logical Relationship Group*).
- f. Menghitung Nilai Peramalan *Fuzzy Time Series* Klasik
3. Memodelkan FTS-Markov Chain
 - a. Membuat matriks probabilitas transisi Markov berdasarkan nilai FLRG yang telah ditentukan.
 - b. Menghitung nilai peramalan awal model FTS-Markov Chain.
 - c. Menghitung nilai kecenderungan peramalan.
4. Menghitung peramalan cuaca menggunakan model FTS-Markov Chain
5. Menghitung tingkat keakuratan hasil peramalan, yaitu menghitung keakuratan hasil peramalan dari model FTS-Klasik dan FTS-Markov Chain dengan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).
6. Membandingkan tingkat keakuratan nilai hasil peramalan dari FTS-Klasik dan FTS-Markov Chain.
7. Kesimpulan menjelaskan isi laporan berdasarkan point-point penting yang diambil.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemodelan FTS-Markov Chain

Dari data yang telah diambil akan dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian dengan masing-masing 75 % dan 25 %. Dengan jumlah data sebanyak 17544 dalam runtut waktu pada tahun 2016-2017 maka dapat diketahui bahwa data pelatihan berjumlah 13158 dan data pengujian berjumlah 4386. Data pelatihan akan digunakan untuk membangun model FTS-Markov Chain. Dengan langkah-langkah dari FTS-Markov Chain didapatkan model matriks probabilitas yang akan digunakan sebagai pengujian.

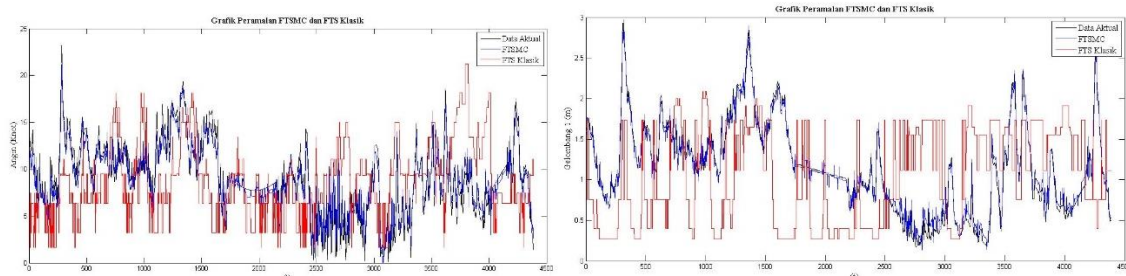
Pengujian dilakukan dengan menggunakan data pengujian yaitu 25 % dari data aktual dari data angin dan gelombang yang berjumlah 4386. Berikut merupakan Tabel 3 yang merupakan sampel hasil peramalan pada data pengujian.

Tabel 3 Hasil Peramalan FTSMC Pada Data Pengujian

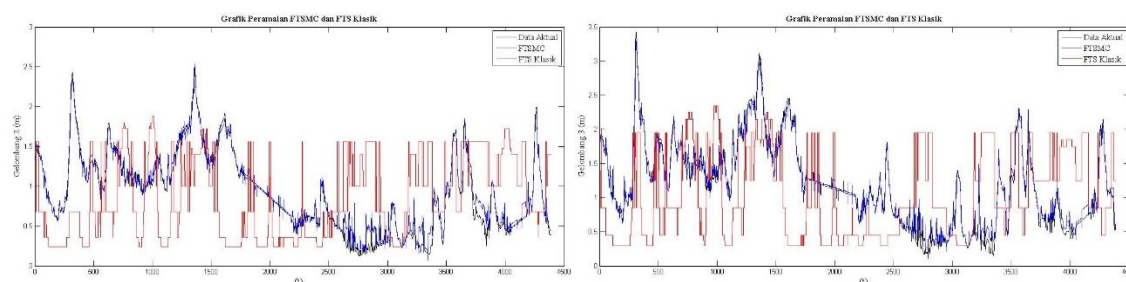
No	Tanggal	Jam (WIB)	Data Angin	Peramalan Angin FTSMC	Data Gel 1	Peramalan Gel 1 FTSMC	Data Gel 2	Peramalan Gel 2 FTSMC	Data Gel 3	Peramalan Gel 3 FTSMC
1	7/2/2017	6	13.42	0	1.59	0	1.34	0	1.83	0
2	7/2/2017	7	13.37	11.98	1.60	1.55	1.35	1.31	1.84	1.79
3	7/2/2017	8	13.34	11.79	1.60	1.56	1.35	1.32	1.85	1.79
4	7/2/2017	9	13.32	12.07	1.61	1.56	1.35	1.32	1.86	1.80
5	7/2/2017	10	13.31	11.27	1.62	1.56	1.36	1.32	1.87	1.81
6	7/2/2017	11	13.32	10.97	1.63	1.57	1.36	1.33	1.87	1.82
7	7/2/2017	12	13.34	10.77	1.63	1.58	1.37	1.33	1.88	1.82
8	7/2/2017	13	13.13	11.46	1.64	1.58	1.38	1.34	1.89	1.83
9	7/2/2017	14	12.93	11.29	1.65	1.59	1.39	1.35	1.89	1.84
10	7/2/2017	15	12.75	11.90	1.67	1.60	1.4	1.36	1.9	1.84
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4382	12/31/2017	19	1.90	2.65	0.49	0.51	0.39	0.45	0.53	0.57
4383	12/31/2017	20	1.77	2.93	0.49	0.52	0.39	0.45	0.55	0.58
4384	12/31/2017	21	1.63	2.81	0.49	0.52	0.39	0.45	0.56	0.60
4385	12/31/2017	22	1.50	2.69	0.50	0.52	0.39	0.45	0.58	0.61
4386	12/31/2017	23	1.36	2.58	0.50	0.53	0.39	0.45	0.59	0.62

4.1 Pemodelan FTS Klasik Sebagai Pembanding

Pembentukan model FTS Klasik dilakukan untuk mendapatkan model pembanding yang sesuai. Berikut merupakan grafik antara data aktual, peramalan menggunakan model *FTS-Markov Chain*, dan model FTS Klasik:



Gambar 2 Grafik Peramalan FTSMC dan FTS Klasik Angin dan Gelombang 1



Gambar 3 Grafik Peramalan FTSMC dan FTS Klasik Gelombang 2 dan Gelombang 3

Dari Gambar 2 dan Gambar 3 dapat diketahui bahwa peramalan menggunakan FTS- Markov Chain lebih baik dibandingkan dengan FTS Klasik karena nilai peramalannya yang mengikuti data aktual.

4.2 Perhitungan Error dengan MAPE

Perhitungan *error* ini dilakukan untuk menguji tingkat keakuratan dari model FTS-*Markov Chain*. Hasil perhitungan MAPE dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Nilai *Error* menggunakan MAPE

Data	MAPE FTSMC
Angin	0,018 %
Gelombang 1	0,001 %
Gelombang 2	0,003 %
Gelombang 3	0,001 %

Tabel 4 dapat diketahui bahwa metode FTS-*Markov Chain* memiliki nilai MAPE sebesar 0,018 %, data gelombang 1 memiliki nilai MAPE FTS-*Markov Chain* sebesar 0,001 %, data gelombang 2 memiliki nilai MAPE FTS-*Markov Chain* sebesar 0,003 %. Sedangkan data gelombang 3 memiliki nilai MAPE FTS-*Markov Chain* sebesar 0,001%.

4.3 Peramalan dengan FTS-*Markov Chain*

Pada pembahasan sebelumnya telah didapatkan model dari FTS-*Markov Chain* dan FTS Klasik dapat diketahui bahwa model FTS-*Markov Chain* lebih baik daripada model FTS Klasik. Hal ini dapat dilihat pada nilai dari tingkat keakuratan masing-masing metode. Sehingga model yang akan digunakan untuk peramalan adalah model FTS-*Markov Chain*. Selanjutnya akan dilakukan peramalan selama 2 hari ke depan dengan menggunakan FTS-*Markov Chain*. Tabel 5 adalah hasil peramalan dua hari kedepan.

Tabel 5 Hasil Peramalan FTSMC dua hari ke depan

Tanggal	Jam (WIB)	Hasil Peramalan FTSMC				Tanggal	Jam (WIB)	Hasil Peramalan FTSMC			
		Angin	Gel 1	Gel 2	Gel 3			Angin	Gel 1	Gel 2	Gel 3
1/1/2018	1	2.46	0.53	0.45	0.63	2/1/2018	1	3.05	0.45	0.40	0.89
	2	2.56	0.53	0.44	0.65		2	3.05	0.45	0.39	0.89
	3	2.65	0.52	0.44	0.67		3	3.06	0.45	0.39	0.90
	4	2.72	0.52	0.44	0.69		4	3.06	0.45	0.39	0.90
	5	2.78	0.51	0.43	0.70		5	3.06	0.45	0.39	1.03
	6	2.83	0.51	0.43	0.72		6	3.06	0.45	0.39	1.15
	7	2.87	0.51	0.43	0.73		7	3.06	0.44	0.39	1.26
	8	2.90	0.50	0.43	0.74		8	3.06	0.44	0.39	1.26
	9	2.93	0.50	0.42	0.76		9	3.06	0.44	0.39	1.26
	10	2.95	0.49	0.42	0.77		10	3.06	0.44	0.39	1.26
	11	2.97	0.49	0.42	0.78		11	3.06	0.44	0.39	1.25
	12	2.98	0.49	0.42	0.79		12	3.06	0.44	0.39	1.25
	13	3.00	0.48	0.41	0.80		13	3.06	0.44	0.39	1.25
	14	3.01	0.48	0.41	0.81		14	3.06	0.44	0.38	1.25
	15	3.02	0.48	0.41	0.82		15	3.06	0.43	0.38	1.25
	16	3.02	0.48	0.41	0.83		16	3.06	0.43	0.38	1.25
	17	3.03	0.47	0.41	0.84		17	3.06	0.43	0.38	1.25
	18	3.04	0.47	0.41	0.84		18	3.06	0.43	0.38	1.25
	19	3.04	0.47	0.40	0.85		19	3.06	0.43	0.38	1.25
	20	3.04	0.47	0.40	0.86		20	3.06	0.43	0.38	1.24
	21	3.05	0.46	0.40	0.87		21	3.06	0.43	0.38	1.24
	22	3.05	0.46	0.40	0.87		22	3.06	0.43	0.38	1.24
	23	3.05	0.46	0.40	0.88		23	3.06	0.43	0.38	1.24
	0	3.05	0.46	0.40	0.88		0	3.06	0.43	0.38	1.24

5. KESIMPULAN

Dari uraian yang telah dibahas di bab sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai MAPE untuk FTS-Markov Chain dari data angin, gelombang 1, gelombang 2, gelombang 3 berturut-turut adalah 0,018 %, 0,001 %, 0,003 %, dan 0,001 %. Sedangkan untuk FTS Klasik memiliki nilai MAPE berturut-turut adalah 0,119 %, 0,028%, 0,059 %, 0,026% yang berarti model FTS-Markov Chain lebih baik dibandingkan dengan model FTS Klasik untuk kasus peramalan cuaca di jalur penyeberangan Gresik-Bawean.
2. Hasil peramalan dua hari kedepan dengan menggunakan FTS-Markov Chain pada data angin adalah kurang dari 7 knot, begitu juga dengan gelombang di titik 1 dan gelombang di titik 2 yaitu kurang dari 0,50 m. Namun untuk gelombang di titik 3 memiliki nilai yang lebih dari 0,50. Berdasarkan matriks risiko angin dan gelombang terhadap keselamatan kapal bahwa hasil peramalan memiliki level risiko yang sangat rendah untuk angin pada dua hari kedepan dan gelombang dititik 1 dan 2 memiliki level risiko yang sangat rendah. Namun untuk gelombang pada titik 3 memiliki level risiko rendah pada tanggal 01 Januari 2018, sedangkan pada tanggal 02 Januari 2018 memiliki level resiko rendah pada jam 01.00-04.00 WIB dan memiliki level risiko sedang pada jam 05.00-00.00 WIB.

REFERENSI

- [1] A. Rahardjo, Pembangunan Ekonomi Maritim, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [2] N. Ulinuha and Y. Farida, "Prediksi Cuaca Kota Surabaya Menggunakan Autoregressive Integrated Moving Average (Arima) Box Jenkins dan Kalman Filter," *Jurnal Matematika'MANTIK'*, vol. 4, pp. 59-67, 2018.
- [3] D. A. Adyanti, D. R. Novitasari, A. H. Asyhar, A. Lubab and M. Hafiyusholeh, "Forecast Marine Weather On Java Sea Using Hybrid Methods: TS-ANFIS," in *PROCEEDING 2017 4TH International Conference on Electrical*, Yogyakarta, 2017.
- [4] R. A. Faroh, "Penerapan Model Fuzzy Time Series-Markov Chain untuk Peramalan Inflasi," UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2016.
- [5] F. Alpaslan, O. Cagcag, C. Aladag, U. Yolcu and E. Egrioglu, "A Novel Seasonal Fuzzy Time Series Method," *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, pp. 375-385, 2012.

- [6] R. C. Tsauro, "A Fuzzy Time Series-Markov Chain Model With An Application To Forecast The Exchange Rate Between The Taiwan And US Dollar," *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, pp. 4931-4942., 2012.
- [7] N. Rukhansah, M. A. Muslim and R. Arifudin, "Fuzzy Time Series Markov Chain Dalam Meramalkan Harga Saham," *Seminar Nasional Ilmu Komputer*, pp. 309-321, 2015.