

**PENERAPAN MODEL *FTS-MARKOV CHAIN* UNTUK
PERAMALAN CUACA DI JALUR PENYEBERANGAN
GRESIK-BAWEAN**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Matematika (S.Mat)**



OLEH :

**BINAR RAHMAWATI DWI PRIHATNI ALIEK
NIM.H92214022**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
JURUSAN SAINS
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
SURABAYA
2018**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Binar Rahmawati Dwi Prihatni Aliek

NIM : H92214022

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2014

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: **Penerapan Model FTS-Markov Chain untuk Peramalan Cuaca di Jalur Penyeberangan Gresik-Bawean**. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan. Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 03 Agustus 2018



Binar Rahmawati Dwi Prihatni Aliek
NIM.H92214022

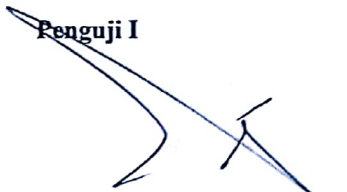
LEMBAR PENGESAHAN
PENERAPAN MODEL FTS-MARKOV CHAIN UNTUK PERAMALAN
CUACA DI JALUR PENYEBERANGAN GRESIK-BAWEAN

Disusun oleh
Binar Rahmawati Dwi Prihatni Aliék
NIM.H92214022

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 18 Juli 2018
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika (S.Mat)

Dewan Penguji

Penguji I



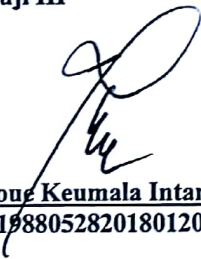
Dr. Moh. Hafivusholeh, M.Si., M.PMat
NIP.198002042014031001

Penguji II



Nurissaleh Ulinnuha, M. Kom
NIP.199011022014032004

Penguji III



Putroug Keumala Intan, M. Si
NIP.198805282018012001

Penguji IV



Dian Candra Rini N., M. Kom
NIP.198511242014032001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Eni Purwati, M.Ag
NIP.196512211990022001



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax. 031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : BINAR RAHMAWATI DWI PRIHATNI ALIEK
NIM : H92214022
Fakultas/Jurusan : SAIMS DART TEKNOLOGI / MATEMATIKA
E-mail address : binarbrd06@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

PENERAPAN MODEL FTS-MARKOV CHAIN UNTUK PERAMALAN
CUACA DI JALUR PENYEBERANGAN GRESIK-BAWEAN

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya,

Penulis

(BINAR R. D. P. A)

ABSTRAK

Kata Kunci: Cuaca, Jalur Penyeberangan Gresik-Bawean, *Fuzzy Time series* Klasik, *Markov Chain*, *Fuzzy Time series-Markov Chain* (FTS-Markov Chain), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

APPLICATION OF FTS-MARKOV CHAIN MODEL FOR WEATHER FORECASTING ON THE GRESIK-BAWEAN CROSSING PATH

ABSTRACT

Weather is one of the most influential factors for most people. Bad weather will certainly hamper most activities in people's lives. To find out the forecast of future weather conditions, it can be done by forecasting the weather parameters. One method that can be used is the FTS-Markov Chain method. This FTS-Markov Chain method can solve the deviation value from a predicted value. The purpose of this study is to get results from a forecast or weather prediction on the Gresik-Bawean crossing. After that, an error calculation will be performed using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) to determine the accuracy level of the prediction model that has been made. The weather parameters used in this study are wind and wave data at three locations in the Gresik-Bawean crossing area. The results of this study from wind data, wave 1, wave 2, and wave 3 have MAPE values that are 0.018%, 0.001%, 0.003%, and 0.001%. The MAPE value of each data is less than that which means that the model that has been built from this study meets very good criteria. So that the FTS-Markov Chain method is very good to be applied in weather forecasting on the Gresik-Bawean crossing. Forecasting using the FTS-Markov Chain produces forecasting for two days later.

Kata Kunci: Weather, Gresik-Bawean crossing path, Fuzzy *Time series* Classic, *Markov Chain*, Fuzzy *Time series-Markov Chain* (FTS-Markov Chain), Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PUBLIKASI.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Batasan Masalah	5
E. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Jalur Penyeberangan Gresik-Bawean	7
B. Cuaca	8
C. Peramalan	10
D. <i>Time series</i>	10
E. <i>Fuzzy Time series</i> (FTS).....	11
F. Rantai Markov (<i>Markov Chain</i>)	16
G. Model FTS- <i>Markov Chain</i>	17
H. Perhitungan <i>Error</i>	20
BAB III METODE PENELITIAN	22
A. Jenis Penelitian	22
B. Jenis dan Sumber Data	22
C. Metode Pengumpulan Data	22
D. Teknik Analisis Data	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
A. Hasil Penelitian.....	25
1. Pemodelan FTS- <i>Markov Chain</i>	28
2. Pengujian Model FTS- <i>Markov Chain</i>	45
3. Pemodelan FTS-Klasik Sebagai Pembanding	46
B. Perhitungan <i>Error</i>	48
C. Peramalan Menggunakan FTS- <i>Markov Chain</i>	49
D. Integrasi Keilmuan	50
BAB V PENUTUP.....	53
A. Simpulan.....	53
B. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Arus Penumpang naik turun di Pelabuhan Gresik Tahun 2010-2012.....	8
Tabel 2.2 Matrik Risiko Keselamatan Pelayaran	9
Tabel 2.3 Kriteria Tingkat Keakuratan MAPE	21
Tabel 4.1 Data Cuaca Daerah Penyeberangan Gresik-Bawean Tahun 2016-2017.....	25
Tabel 4.2 Dmax dan Dmin Tiap Data	28
Tabel 4.3 Dmax dan Dmin dengan D1 dan D2	29
Tabel 4.4 Pembagian himpunan semesta U (un) untuk tiap data	32
Tabel 4.5 Nilai Tengah dari Interval Tiap Data	33
Tabel 4.6 Sampel Data terfuzifikasi	36
Tabel 4.7 Sampel Data Fuzzy Logical Relationship Data	37
Tabel 4.8 FLRG Data Angin	38
Tabel 4.9 FLRG Data Gelombang 1	38
Tabel 4.10 FLRG Data Gelombang 2	39
Tabel 4.11 FLRG Data Gelombang 3	39
Tabel 4.12 Matriks Probabilitas Data Angin	40
Tabel 4.13 Matriks Probabilitas Data Gelombang 1	40
Tabel 4.14 Matriks Probabilitas Data Gelombang 2	41
Tabel 4.15 Matriks Probabilitas Data Gelombang 3	41
Tabel 4.16 Sampel Data Hasil Peramalan Awal FTSMC	43
Tabel 4.17 Sampel Data untuk nilai Dtn	44
Tabel 4.18 Sampel Hasil Peramalan Akhir FTSMC pada data pelatihan	45
Tabel 4.19 Hasil Peramalan FTSMC Pada Data Pengujian	45
Tabel 4.20 Hasil Peramalan FTS Klasik Pada Data Pengujian	46
Tabel 4.21 Perhitungan Nilai Error menggunakan MAPE	49
Tabel 4.22 Hasil Peramalan FTSMC dua hari ke depan	50

A. Latar Belakang

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 penundaaan keberangkatan kapal di pelabuhan. Pada tahun 2016 ratusan penumpang kapal tertahan di pelabuhan Gresik karena cuaca buruk (Arfah, 2016), kemudian pada tahun 2017 penumpang harus menunggu lebih lama dikarenakan jadwal penyeberangan yang ditunda hal ini disebabkan adanya gelombang tinggi dan cuaca ekstrim (Romadoni, 2017). Selain itu pada bulan Juni 2017 di

Beberapa kejadian diatas dapat diketahui bahwa keselamatan berkendara harus lebih diperhatikan sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan suatu usaha agar dapat mendapatkan keselamatan. Salah satunya adalah dengan berdoa, Allah berfirman dalam Al-Qur'an surat Al-Huud ayat 41 yang merupakan doa yang dipanjatkan oleh Nabi Nuh as saat mengendarai kapalnya yang artinya *"Dan Nuh berkata: "Naiklah kamu sekalian ke dalamnya dengan menyebut nama Allah di waktu berlayar dan berlabuhnya".Sesungguhnya Tuhanku benar-benar Maha Pengampun lagi Maha Penyayang"*.

Terdapat beberapa metode peramalan yang dapat dilakukan untuk memprediksi cuaca antara lain *Fuzzy Time series*, Rantai Markov, ANN, ANFIS, dan lain-lain. Dari beberapa metode tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan prediksi cuaca di jalur penyeberangan Gresik-Bawean dengan menggunakan *Fuzzy Time series-Markov Chain* (FTS-MC).

Metode *FTS-Markov Chain* merupakan gabungan dari dua metode, yaitu *Fuzzy Time series* dan *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 (Faroh, 2016). Hal ini menyatakan bahwa FTS adalah salah satu metode dari permodelan. Sedangkan *Markov Chain* adalah sebuah model matematika yang pertama kali dikembangkan oleh seorang ahli Rusia bernama A. A. Markov pada tahun 1906 (Noh, Wijono, & Yudaningsih, 2015).

Adapun penelitian yang terkait dengan peramalan cuaca antara lain adalah peramalan curah hujan menggunakan metode *High Order Fuzzy Time series Multi Factors* dengan studi kasus curah hujan di Kabupaten Malang. Penelitian ini menggunakan data dalam bentuk dasarian yaitu pada tahun 2011 sampai 2016 yang memiliki kesimpulan dengan hasil MSE terbaik sebesar 539,698 yang diperoleh dari pengujian jumlah data dari tahun 2011 hingga 2015 (Wijaya, Dewi, & Rahayudi, 2018). Penelitian yang lainnya yaitu peramalan menggunakan *Fuzzy Time series Chen* dengan studi kasus curah hujan di kota Samarinda. Penelitian ini menggunakan data *time series* curah hujan bulanan dengan kesimpulan yang menghasilkan nilai RMSE 73,68 dan MSE 53,9 pada jumlah data sebanyak 29 data (Fauziah, Wahyuningsih, & Nasution, 2016). Metode *FTS-Markov Chain* memiliki langkah penyesuaian kecenderungan nilai peramalan sebagai tahapan untuk mengurangi besarnya penyimpangan hasil peramalan.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut dapat diketahui bahwa model *FTS-Markov Chain* merupakan model yang cukup bagus melihat dari nilai *error* dan nilai akurasinya. 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**’.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

- [illegible]

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- #### D. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan diatas, maka pembatas dari penelitian ini adalah :

- [illegible]

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Jalur Penyeberangan Gresik-Bawean

Secara geografis Pulau Bawean terletak pada koordinat $5^{\circ}40' - 5^{\circ}50'$ LS dan $112^{\circ}3' - 112^{\circ}36'$ BT, namun secara administrasi pulau ini terletak di sebelah utara Pulau Jawa dan termasuk dalam Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur. Dengan jarak sejauh 80 mil atau 120 kilometer pada wilayah Gresik-Bawean memiliki potensi yang dapat dikembangkan di bidang transportasi laut, dimana transportasi laut ini sangat berperan besar bagi kebutuhan mayoritas masyarakatnya. Peran transportasi laut ini antara lain sebagai alat penghubung antar wilayah dari segi pariwisata dan perdagangan, selain itu transportasi laut ini juga berperan sebagai mata pencaharian masyarakat.

Akses perjalanan Gresik-Bawean dapat ditempuh kurang lebih 8 jam tergantung dari faktor-faktor penentu pemberangkatan kapal, yaitu besarnya kecepatan kapal dan kondisi cuaca dilaut. Cuaca buruk dan gelombang tinggi menjadi faktor utama untuk pemberangkatan kapal. Jika cuaca buruk dan gelombang tinggi terjadi maka pemberangkatan kapal akan ditunda. Jenis-jenis kapal yang biasa digunakan adalah kapal express bahari, tungkal samudera, dan satya kencana (Rusabawean, 2013). Berdasarkan kecepatannya kapal express baharilah yang tercepat, namun berdasarkan ukuran kapal satya kencanalah yang paling besar.

Tahun	Penumpang Turun	Persentase (%)	Penumpang Naik	Persentase (%)
2010	34920	30%	45636	33%
2011	42646	36,9%	48948	35%
2012	37970	32,8%	43497	31%

Oleh karena itu transportasi laut perlu diperhatikan lebih serius agar dapat dikembangkan dengan baik dan benar, terutama pada kondisi cuaca. Dengan banyaknya kecelakaan transportasi laut yang terjadi, misalnya pada bulan Juni 2017 terdapat kapal penarik yang tenggelam dikarenakan cuaca buruk dan banyaknya ketidaknyamanan penumpang dengan harus menunggu lebih lama sebab ditundanya pemberangkatan kapal, maka kondisi cuaca dan gelombang adalah hal yang perlu lebih diperhatikan.

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 (Gibbs dalam Pambudi, 2016). Cuaca sangat mempengaruhi setiap aktivitas masyarakat seperti dalam bidang pertanian, penerbangan,

C. Peramalan

Peramalan merupakan perkiraan mengenai sesuatu yang belum terjadi (Rukhansah, Muslim, & Arifudin, 2015). Teknik peramalan dibagi menjadi dua, yaitu teknik kualitatif dan teknik kuantitatif (Jumingan, 2009). Teknik kualitatif merupakan teknik peramalan dengan data yang tidak dapat direpresentasikan menjadi suatu nilai. Teknik ini menggunakan beberapa pendapat dari para ahli sebagai pertimbangan dalam pengambilan keputusan hasil peramalan yang telah dilakukan.

Sedangkan teknik kuantitatif merupakan teknik peramalan yang dapat direpresentasikan menjadi suatu nilai berdasarkan data masa lalu atau yang disebut data *time series*. Teknik ini dibagi menjadi dua model, yaitu *time series model* dan *causal model* (Munawaroh, 2010). *Time series model* dilakukan menggunakan data yang dikumpulkan, dicatat, atau diamati berdasarkan urutan waktu, sedangkan *causal model* dilakukan dengan dugaan hubungan sebab-akibat dan hubungan antar hubungan antar variabel satu dengan yang lain.

D. Time series

Time series merupakan sekumpulan data yang dicatat dalam satu periode waktu (Dewi, Kartikasari, & Mursityo, 2014). *Time series* ini digunakan untuk peramalan atau *forecasting*. Yang dilakukan pertama kali dalam melakukan analisis *time series* adalah dengan mengetahui pola dari datanya yang digunakan sebagai model peramalan deret untuk waktu yang akan datang.

E. *Fuzzy Time series* (FTS)

$$A_i = \frac{f_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{f_{A_i}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_{A_i}(u_k)}{u_k} \quad (2.1)$$
[illegible]

12

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 $(t = \dots, 0, 1, 2, 3, \dots, n)$ (Alpaslan, dkk, 2012)

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 (Alpaslan, dkk, 2012).

Definisi 3.

Andaikan $F(t) = A_i$ disebabkan oleh $F(t - m) = A_j$, maka *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dapat didefinisikan sebagai $A_i \rightarrow A_j$ (Tsaur, 2012).

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 :

$$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3, \dots, A_n \quad (2.2)$$

Dengan langkah-langkah yang dikemukakan oleh Song dan Chissom dalam Tsaur (2012), penyelesaian *Fuzzy Time series* (FTS) dapat diberikan sebagai berikut,

$$n = 1 + 3,322 \log N \quad (2.3)$$

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

$$l = \frac{U_{max} - U_{min}}{n} = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{n} \quad (2.4)$$

$$u_1 = [D_{min} - D_1; D_{min} - D_1 + l]$$

$$u_2 = [D_{min} - D_1 + l; D_{min} - D_1 + 2l]$$

...

$$u_n = [D_{min} - D_1 + (n - 1)l; D_{min} - D_1 + nl]$$

$$u_n = [d_n; d_{n+1}] \quad (2.5)$$

[illegible]

Langkah 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 :

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

Persamaan (2.7) dapat dijelaskan dengan beberapa aturan sebagai berikut:

1. 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.
2. 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.
3. 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 (2.1), himpunan fuzzy dari $A_1, A_2, \dots, A_n$ dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$A_1 = \{1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_n\}$$

$$A_2 = \{0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + \dots + 0/u_n\}$$

$$A_n = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0,5/u_{n-1} + 1/u_n\} \quad (2.9)$$

Langkah 4 Menentukan *fuzzifikasi* terhadap data historis. Langkah ini bertujuan untuk menemukan himpunan *fuzzy* yang sesuai untuk setiap data.

Langkah 5 Menentukan FLR dan FLRG.

Langkah 6 Menghitung nilai *output* yang akan diramalkan. Jika $F(t - 1) = A_j$, peramalan dari $F(t)$ dapat ditentukan dengan aturan-aturan dasar 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

$$F(t) = m_j \quad (2.10)$$

Aturan 2: Jika FLRG dari A_j adalah himpunan satu ke satu ($A_j \rightarrow A_{k,j}, k = 1, 2, \dots, n$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_k , dimana titik tengah dari interval u_k adalah

$$F(t) = m_k \quad (2.11)$$

Aturan 3: Jika FLRG dari A_j adalah *himpunan* satu ke banyak ($A_j \rightarrow A_1, A_3, A_5, j = 1, 2, \dots, n$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_1, m_2, m_3 , dimana titik tengah dari interval u_1, u_3, u_5 adalah

$$F(t) = (m_1 + m_3 + m_5)/3 \quad (2.12)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. 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.

B. Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya. Data sekunder diperoleh secara tidak langsung melalui media perantara atau pihak lain. Dalam penelitian ini terdiri dari dua data, yaitu data ketinggian gelombang dan data parameter cuaca harian 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.

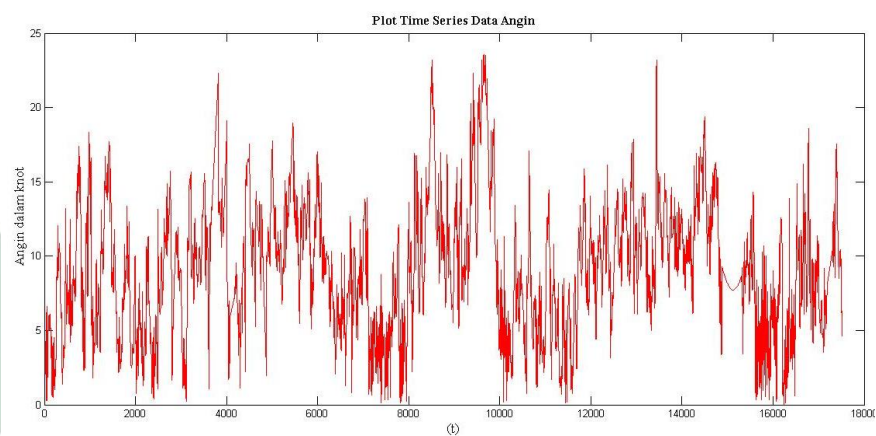
C. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari data sekunder angin daerah jalur penyeberangan Gresik-Bawean dan data gelombang daerah jalur penyeberangan Gresik-Bawean yang diperoleh di Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya.

- b. Membagi himpunan semesta U menjadi beberapa bagian dengan interval (n) yang sama dengan menggunakan rumus *Sturges*.
 - c. Menentukan himpunan *fuzzy* untuk seluruh himpunan semesta U .
 - d. Menentukan *fuzzifikasi* terhadap data historis.
 - e. Menentukan FLR (*Fuzzy Logical Relationship*).
 - f. Menentukan FLRG (*Fuzzy Logical Relationship Group*).
 - g. 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*, yaitu menghitung nilai peramalan yang telah disesuaikan dari 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 Square Error* (MSE) dan *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.

gelombang dititik 3 setinggi 0,87 meter. Sedangkan untuk jam 8 tercatat kecepatan angin sebesar 7,46 knot, gelombang dititik 1 setinggi 0,75 meter, gelombang dititik 2 setinggi 0,61 meter, dan gelombang dititik 3 setinggi 0,85, demikian juga sama untuk t yang selanjutnya. Selanjutnya akan dibentuk *plot data time series* dari masing data unsur cuaca.

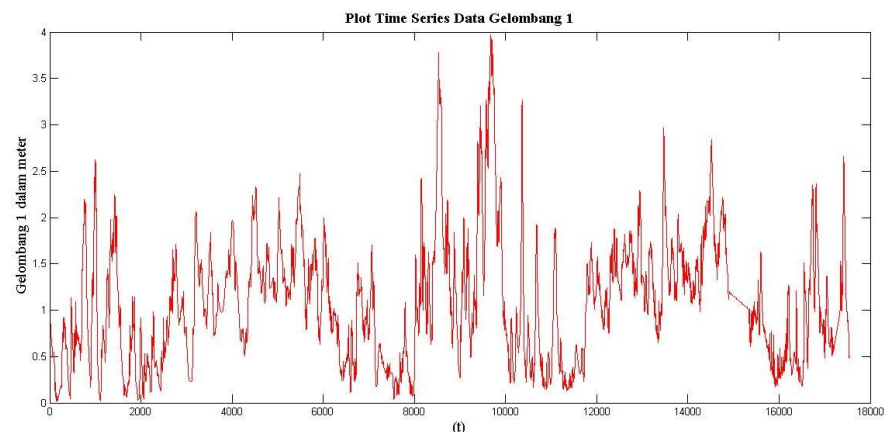
a. Plot data *time series* angin



Gambar 4.1 Plot *Time Series* Data Angin

Pada Gambar 4.1 diketahui bahwa pola *plot* pada data angin mengalami perubahan tiap jam nya. Dimana pada tiap jamnya mengalami kenaikan dan penurunan.

b. Plot data *time series* gelombang 1



Gambar 4.2 Plot *Time Series* Data Gelombang 1

Selanjutnya data unsur cuaca akan dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian, pembagian data pelatihan dan data pengujian ini berturut-turut adalah 75 % dan 25 % dari jumlah data aktual. Dapat diketahui bahwa data pada Tabel 4.1 berjumlah 17544 dari tiap-tiap variabel. Sehingga data *training* yang akan digunakan adalah $17544 \times 75\% = 13158$ dan sisanya akan menjadi data *testing* yaitu sebanyak 4386. Data pelatihan ini akan diolah untuk membangun model dengan metode FTS-Markov Chain. Sedangkan untuk data pengujian digunakan untuk menguji model yang telah dibangun dengan data pelatihan.

Untuk mendapatkan model *FTS-Markov Chain* perlu dilakukan beberapa tahap antara lain adalah :

- | Data | Dmin | Dmax |
|-----------------|------|-------|
| Angin (knot) | 0,12 | 23,58 |
| Gelombang 1 (m) | 0,02 | 3,97 |
| Gelombang 2 (m) | 0,02 | 3,54 |
| Gelombang 3 (m) | 0,02 | 4,42 |

Tabel 4.3 D_{max} dan D_{min} dengan D_1 dan D_2

Data	Dmin	Dmax	D1	D2
Angin	0,12	23,58	0,02	0,02
Gelombang 1	0,02	3,97	0,02	0,03
Gelombang 2	0,02	3,54	0,02	0,06
Gelombang 3	0,02	4,42	0,02	0,08

1) Himpunan Semesta U untuk data angin

$$\begin{aligned} U_{angin} &= [U_{min}; U_{max}] \\ &= [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \\ &= [0,12 - 0,02; 23,58 + 0,02] \\ &= [0,10; 23,60] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{gelombang1} &= [U_{min}; U_{max}] \\ &= [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \\ &= [0,02 - 0,02; 3,97 + 0,03] \end{aligned}$$

$$A_{10} = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0.5}{u_9} + \frac{1}{u_{10}} + \frac{0.5}{u_{11}} + \frac{0}{u_{12}} + \frac{0}{u_{13}} + \frac{0}{u_{14}} + \frac{0}{u_{15}} \right\}$$

$$A_{11} = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0.5}{u_{10}} + \frac{1}{u_{11}} + \frac{0.5}{u_{12}} + \frac{0}{u_{13}} + \frac{0}{u_{14}} + \frac{0}{u_{15}} \right\}$$

$$A_{12} = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} + \frac{0.5}{u_{11}} + \frac{1}{u_{12}} + \frac{0.5}{u_{13}} + \frac{0}{u_{14}} + \frac{0}{u_{15}} \right\}$$

$$A_{13} = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} + \frac{0}{u_{11}} + \frac{0.5}{u_{12}} + \frac{1}{u_{13}} + \frac{0.5}{u_{14}} + \frac{0}{u_{15}} \right\}$$

$$A_{14} = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} + \frac{0}{u_{11}} + \frac{0}{u_{12}} + \frac{0.5}{u_{13}} + \frac{1}{u_{14}} + \frac{0.5}{u_{15}} \right\}$$

$$A_{15} = \left\{ \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} + \frac{0}{u_{11}} + \frac{0}{u_{12}} + \frac{0}{u_{13}} + \frac{0.5}{u_{14}} + \frac{1}{u_{15}} \right\}$$

- d. Melakukan *fuzzifikasi* pada data historis berdasarkan himpunan *fuzzy* yang telah dibentuk. Misalnya pada Tabel 4.1 untuk data angin yang memiliki himpunan semesta $U = [0; 23,60]$ di $t = 1$ memiliki nilai sebesar 8,67 yang mana nilai ini masuk kedalam interval $u_6 = [7,85; 9,42]$. Kemudian pada himpunan *fuzzy* A_n , interval u_6 terletak pada himpunan *fuzzy* yang pertama yaitu A_6 , sehingga untuk data angin pada $t = 1$ memiliki himpunan *fuzzy* A_6 . Selanjutnya untuk data gelombang 1 pada Tabel 4.1 di $t = 1$ memiliki nilai sebesar 0.76 yang mana nilai ini masuk kedalam interval $u_3 = [0.533; 0.8]$. Kemudian pada himpunan *fuzzy* A_n , interval u_3 terletak pada himpunan *fuzzy* yang

Data

No	Data							
	Angin	Data Fuzzy	Gelombang 1	Data Fuzzy	Gelombang 2	Data Fuzzy	Gelombang 3	Data Fuzzy
1	8,67	A_6	0,76	A_3	0,61	A_3	0,87	A_3
2	7,46	A_5	0,75	A_3	0,61	A_3	0,85	A_3
3	6,24	A_4	0,74	A_3	0,62	A_3	0,83	A_3
4	5,03	A_4	0,73	A_3	0,62	A_3	0,81	A_3
5	3,82	A_3	0,71	A_3	0,62	A_3	0,80	A_3
6	2,62	A_2	0,70	A_3	0,63	A_3	0,78	A_3
7	1,45	A_1	0,69	A_3	0,63	A_3	0,76	A_3
8	0,59	A_1	0,71	A_3	0,66	A_3	0,78	A_3
9	1,25	A_1	0,73	A_3	0,68	A_3	0,81	A_3
10	2,40	A_2	0,76	A_3	0,71	A_3	0,83	A_3
:	:	:	:	:	:	:	:	:
17540	2,04	A_2	0,49	A_2	0,39	A_2	0,53	A_2
17541	1,90	A_2	0,49	A_2	0,39	A_2	0,55	A_3
17542	1,77	A_2	0,49	A_2	0,39	A_2	0,56	A_3
17543	1,63	A_1	0,50	A_2	0,39	A_2	0,58	A_3
17544	1,50	A_1	0,50	A_2	0,39	A_2	0,59	A_3

- e. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dan *Fuzzy Logical Relationship Grup* (FLRG). Karena FLR merupakan hubungan antar urutan data, maka FLR dapat ditentukan berdasarkan Tabel 4.6 dalam bentuk himpunan *fuzzy*. Misalnya saja pada data angin untuk data $t = 1$ memiliki himpunan *fuzzy* A_6 dan data $t = 2$ memiliki himpunan *fuzzy* A_5 , maka FLR yang didapatkan ialah $A_6 \rightarrow A_5$. Sedangkan untuk data

$A_1 \rightarrow A_1$ akan dihitung berapa banyak kemunculan nilai FLR dengan perpindahan dari *state* ini. Terdapat 10 kali kemunculan nilai FLR dengan perpindahan A_1 (*state* saat ini) ke A_1 (*state* selanjutnya) pada sampel data angin di Tabel 4.7, maka untuk FLRG dari A_1 (*state* saat ini) ke A_1 (*state* selanjutnya) memiliki 10 kali kemunculan atau dapat ditulis $A_1 \rightarrow 10(A_1)$. Untuk FLRG pada seluruh data historis dapat dilihat pada Tabel 4.8 sampai dengan Tabel 4.11.

Tabel 4.8 FLRG Data Angin

State Saat Ini	State Selanjutnya
A_1	$A_1 \rightarrow 331(A_1), 78(A_2)$
A_2	$A_2 \rightarrow 78(A_1), 914(A_2), 134(A_3), A_4, A_7, A_{10}$
A_3	$A_3 \rightarrow A_1, 137(A_2), 1290(A_3), 153(A_4)$
A_4	$A_4 \rightarrow 155(A_3), 1409(A_4), 156(A_5), A_6, A_8$
A_5	$A_5 \rightarrow A_3, 159(A_4), 194(A_5), 169(A_6)$
A_6	$A_6 \rightarrow 173(A_5), 2230(A_6), 173(A_7), (A_8)$
A_7	$A_7 \rightarrow A_3, 174(A_6), 2087(A_7), 155(A_8), A_9$
A_8	$A_8 \rightarrow (A_6), 157(A_7), 1563A_8, 118(A_9)$
A_9	$A_9 \rightarrow 119(A_8), 1223(A_9), 86(A_{10})$
A_{10}	$A_{10} \rightarrow 85(A_9), 798(A_{10}), 49(A_{11})$
A_{11}	$A_{11} \rightarrow 47(A_{10}), 464(A_{11}), 22(A_{12})$
A_{12}	$A_{12} \rightarrow 20(A_{11}), 292(A_{12}), 14(A_{13})$
A_{13}	$A_{13} \rightarrow A_6, 12(A_{12}), 114(A_{13}), 10(A_{14})$
A_{14}	$A_{14} \rightarrow 9(A_{13}), 147(A_{14}), 7(A_{15})$
A_{15}	$A_{15} \rightarrow A_9, 6(A_{14}), 66(A_{15})$

Tabel 4.9 FLRG Data Gelombang 1

State Saat Ini	State Selanjutnya
A_1	$A_1 \rightarrow 1486(A_1), 40(A_2)$
A_2	$A_2 \rightarrow 40(A_1), 1944(A_2), 43(A_3)$
A_3	$A_3 \rightarrow 43(A_2), 1602(A_3), 61(A_5)$
A_4	$A_4 \rightarrow 268(A_4), 17(A_7), 10(A_{10})$
A_5	$A_5 \rightarrow 60(A_3), 1796(A_5), 54(A_6)$
A_6	$A_6 \rightarrow 53(A_5), 1897(A_6), 65(A_8)$
A_7	$A_7 \rightarrow 17(A_4), 542(A_7), 30(A_9)$
A_8	$A_8 \rightarrow 64(A_6), 1495(A_8), 51(A_9)$
A_9	$A_9 \rightarrow 30(A_7), 50(A_8), 913(A_9)$
A_{10}	$A_{10} \rightarrow 10(A_4), 93(A_{10}), 7(A_{11})$
A_{11}	$A_{11} \rightarrow 7(A_{10}), 89(A_{11}), 6(A_{12})$

$A_{12} \rightarrow 6(A_{11}), 33(A_{12}), 5(A_{13})$
$A_{13} \rightarrow 5(A_{12}), 129(A_{13}), 3(A_{14})$
$A_{14} \rightarrow 3(A_{13}), 46(A_{14}), 3(A_{15})$
$A_{15} \rightarrow 3(A_{14}), 38(A_{15})$

Tabel 4.10 FLRG Data Gelombang 2

State Saat Ini	State Selanjutnya
$A_1 \rightarrow 1714(A_1), 42(A_2)$	
$A_2 \rightarrow 42(A_1), 1896(A_2), 46(A_3)$	
$A_3 \rightarrow 46(A_2), 2108(A_2), 51(A_5)$	
$A_4 \rightarrow 97(A_4), 12(A_7), 6(A_{10})$	
$A_5 \rightarrow 50(A_3), 1782(A_5), 45(A_6)$	
$A_6 \rightarrow 44(A_5), 1788(A_6), 53(A_7)$	
$A_7 \rightarrow 12(A_5), 467(A_7), 21(A_8)$	
$A_8 \rightarrow 52(A_6), 1626(A_8), 33(A_9)$	
$A_9 \rightarrow 21(A_7), 33(A_8), 639(A_9)$	
$A_{10} \rightarrow 6(A_4), 86(A_{10}), 6(A_{11})$	
$A_{11} \rightarrow 6(A_{10}), 84(A_{11}), 5(A_{12})$	
$A_{12} \rightarrow 5(A_{11}), 63(A_{12}), 3(A_{13})$	
$A_{13} \rightarrow 3(A_{12}), 78(A_{13}), 2(A_{14})$	
$A_{14} \rightarrow 2(A_{13}), 58(A_{14}), (A_{15})$	
$A_{15} \rightarrow (A_{14}), 22(A_{15})$	

Tabel 4.11 FLRG Data Gelombang 3

State Saat Ini	State Selanjutnya
$A_1 \rightarrow 1604(A_1), 48(A_2)$	
$A_2 \rightarrow 48(A_1), 2200(A_2), 42(A_3)$	
$A_3 \rightarrow 42(A_2), 1839(A_3), 61(A_5)$	
$A_4 \rightarrow 257(A_4), 17(A_7), 10(A_{10})$	
$A_5 \rightarrow 60(A_3), 1774(A_5), 70(A_6)$	
$A_6 \rightarrow 69(A_5), 1839(A_6), 61(A_8)$	
$A_7 \rightarrow 17(A_4), 420(A_7), 27(A_9)$	
$A_8 \rightarrow 60(A_6), 1247(A_8), 48(A_9)$	
$A_9 \rightarrow 27(A_7), 47(A_8), 762(A_9)$	
$A_{10} \rightarrow 10(A_4), 108(A_{10}), 7(A_{11})$	
$A_{11} \rightarrow 7(A_{10}), 74(A_{11}), 4(A_{12})$	
$A_{12} \rightarrow 4(A_{11}), 65(A_{12}), 4(A_{13})$	
$A_{13} \rightarrow 4(A_{12}), 91(A_{13}), 2(A_{14})$	
$A_{14} \rightarrow 2(A_{13}), 56(A_{14}), 2(A_{15})$	
$A_{15} \rightarrow 2(A_{14}), 19(A_{15})$	

- f. Menghitung peramalan awal. Penentuan peramalan awal pada metode FTS-Markov Chain ini menggunakan data sebelumnya dan matriks probabilitas transisi. Matriks probabilitas transisi dibuat berdasarkan

FLRG yang telah ditentukan pada Tabel 4.8 sampai Tabel 4.11. Matriks probabilitas transisi pada tiap data berorde 15×15 sesuai dengan interval yang didapatkan sebelumnya. Matriks ini dibentuk berdasarkan aturan-aturan yang ada pada persamaan (2.16) sampai persamaan (2.18) dan pada setiap elemennya merupakan nilai probabilitas. Matriks probabilitas transisi tiap data dapat dilihat pada Tabel 4.12 sampai dengan Tabel 4.15.

Tabel 4.12 Matriks Probabilitas Data Angin

P_{ij}		j														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
i	1	0.83	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0.06	0.83	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0.08	0.83	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0.09	0.84	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0.06	0.87	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0.07	0.86	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0.06	0.88	0.06	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0.08	0.85	0.06	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0.08	0.87	0.06	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0.86	0.05	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0.86	0.04	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.90	0.04	0	0
	13	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0.08	0.84	0.07	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.91	0.04
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0.07	0.91

Tabel 4.13 Matriks Probabilitas Data Gelombang 1

P_{ij}		j														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
i	1	0,97	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0,02	0,96	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0,03	0,94	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0,91	0	0	0,06	0	0	0,03	0	0	0	0	0
	5	0	0	0,03	0	0,94	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0,03	0,94	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0,03	0	0	0,92	0	0,05	0	0	0	0	0	0

	8	0	0	0	0	0	0,04	0	0,93	0,03	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,92	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0,09	0	0	0	0	0	0,85	0,07	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0,87	0,06	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,14	0,75	0,11	0	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,94	0,02	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,89	0,06
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0,93

Tabel 4.14 Matriks Probabilitas Data Gelombang 2

P_{ij}		j														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
i	1	0,97	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0,02	0,95	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0,02	0,96	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0,03	0,95	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0,02	0,95	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0,03	0,95	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0,04	0,93	0,03	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0,04	0,94	0,02	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,86	0,04	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,88	0,06	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0,88	0,04	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0,89	0,04	0	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,94	0,02	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,95	0,02
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,96

Tabel 4.15 Matriks Probabilitas Data Gelombang 3

P_{ij}		j														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
i	1	0,97	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0,02	0,96	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0,02	0,95	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0,91	0	0	0,06	0	0	0,04	0	0	0	0	0
	5	0	0	0,04	0	0,93	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0,04	0,93	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0,04	0	0	0,90	0	0,06	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0,04	0	0,92	0,04	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0,03	0,06	0,91	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0,86	0,06	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,87	0,05	0	0	0

Tabel 4.15, maka nilai peramalan awal pada data historis dapat diperoleh. Perhitungan peramalan awal ini didasari dengan persamaan (2.17) sampai dengan persamaan (2.18). Perhitungan ini menggunakan data historis sebelumnya, sehingga perhitungan peramalan awal dapat dilakukan untuk $t = 2$. Sebagai contoh pada data angin untuk $t = 2$ memiliki nilai sebesar 8,67 dan $t = 1$ memiliki nilai sebesar 7,46 dimana $t = 1$ ini memiliki FLR $A_6 \rightarrow A_5$ yang artinya bertransisi dari A_6 ke A_5 sehingga perhitungan peramalannya adalah

$$F_2 = m_1P_{61} + m_2P_{62} + m_3P_{63} + m_4P_{64} + m_5P_{65} + Y_1P_{66} + m_6P_{67} + m_8P_{68} + m_9P_{69} + m_{10}P_{610} + m_{11}P_{611} + m_{12}P_{612} + m_{13}P_{613} + m_{14}P_{614} + m_{15}P_{615}$$

Tabel 4.15, maka nilai peramalan awal pada data historis dapat diperoleh. Perhitungan peramalan awal ini didasari dengan persamaan (2.17) sampai dengan persamaan (2.18). Perhitungan ini menggunakan data historis sebelumnya, sehingga perhitungan peramalan awal dapat dilakukan untuk $t = 2$. Sebagai contoh pada data angin untuk $t = 2$ memiliki nilai sebesar 8,67 dan $t = 1$ memiliki nilai sebesar 7,46 dimana $t = 1$ ini memiliki FLR $A_6 \rightarrow A_5$ yang artinya bertransisi dari A_6 ke A_5 sehingga perhitungan peramalannya adalah

$$F_2 = m_1P_{61} + m_2P_{62} + m_3P_{63} + m_4P_{64} + m_5P_{65} + Y_1P_{66} + m_6P_{67} + m_8P_{68} + m_9P_{69} + m_{10}P_{610} + m_{11}P_{611} + m_{12}P_{612} + m_{13}P_{613} + m_{14}P_{614} + m_{15}P_{615}$$

Tabel 4.15, maka nilai peramalan awal pada data historis dapat diperoleh. Perhitungan peramalan awal ini didasari dengan persamaan (2.17) sampai dengan persamaan (2.18). Perhitungan ini menggunakan data historis sebelumnya, sehingga perhitungan peramalan awal dapat dilakukan untuk $t = 2$. Sebagai contoh pada data angin untuk $t = 2$ memiliki nilai sebesar 8,67 dan $t = 1$ memiliki nilai sebesar 7,46 dimana $t = 1$ ini memiliki FLR $A_6 \rightarrow A_5$ yang artinya bertransisi dari A_6 ke A_5 sehingga perhitungan peramalannya adalah

$$F_2 = m_1P_{61} + m_2P_{62} + m_3P_{63} + m_4P_{64} + m_5P_{65} + Y_1P_{66} + m_6P_{67} + m_8P_{68} + m_9P_{69} + m_{10}P_{610} + m_{11}P_{611} + m_{12}P_{612} + m_{13}P_{613} + m_{14}P_{614} + m_{15}P_{615}$$

Dengan cara yang sama untuk hasil dari sampel tiap data dapat di lihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Sampel Data Hasil Peramalan Awal FTSMC

No	Tanggal	Jam (WIB)	Data Angin (Knot)	Peramalan Awal Angin FTSMC	Gel 1 (m)	Peramalan Awal Gel 1 FTSMC	Gel 2 (m)	Peramalan Awal Gel 2 FTSMC	Gel 3 (m)	Peramalan Awal Gel 3 FTSMC
1	01/01/2016	7	8,67	0	0,76	0	0,61	0	0,87	0
2	01/01/2016	8	7,46	8,67	0,75	0,76	0,61	0,61	0,85	0,87
3	01/01/2016	9	6,24	7,43	0,74	0,75	0,62	0,61	0,83	0,85
4	01/01/2016	10	5,03	6,12	0,73	0,74	0,62	0,62	0,81	0,83
5	01/01/2016	11	3,82	5,11	0,71	0,73	0,62	0,62	0,80	0,81
6	01/01/2016	12	2,62	3,85	0,70	0,71	0,63	0,62	0,78	0,80
7	01/01/2016	13	1,45	2,70	0,69	0,70	0,63	0,63	0,76	0,78
8	01/01/2016	14	0,59	1,62	0,71	0,69	0,66	0,63	0,78	0,76
9	01/01/2016	15	1,25	0,91	0,73	0,71	0,68	0,66	0,81	0,78
10	01/01/2016	16	2,40	1,46	0,76	0,73	0,71	0,68	0,83	0,81
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
13154	7/3/2017	1	13,83	13,84	1,64	1,67	1,31	1,32	1,89	1,91
13155	7/3/2017	2	13,72	13,74	1,63	1,65	1,32	1,32	1,88	1,90
13156	7/3/2017	3	13,63	13,65	1,62	1,64	1,33	1,33	1,86	1,89
13157	7/3/2017	4	13,54	13,57	1,61	1,63	1,33	1,34	1,85	1,87
13158	7/3/2017	5	13,47	13,49	1,60	1,62	1,34	1,34	1,84	1,86

- g. Menyelesaikan kecenderungan nilai peramalan awal. Untuk menyelesaikan kecenderungan nilai peramalan digunakan persamaan (2.19) sampai dengan persamaan (2.22). Misalkan pada data angin untuk $t = 2$ berdasarkan Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa *state* selanjutnya adalah A_5 dan *state* saat ini adalah A_6 . Hal ini menyebabkan persamaan yang akan digunakan dalam menghitung nilai penyesuaian untuk menyelesaikan kecenderungan pada hasil peramalan adalah persamaan (2.22) dengan $s = \text{orde state selanjutnya} - \text{orde state saat ini} = 6 - 5 = 1$, maka diperoleh :

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right)v = -\left(\frac{1,57}{2}\right) \cdot 1 = -0,79$$

Maka dengan berdasarkan Persamaan (2.19) sampai dengan Persamaan (2.22) hasil perhitungan nilai penyesuaian sampel data terletak pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Sampel Data untuk nilai D_{tn}

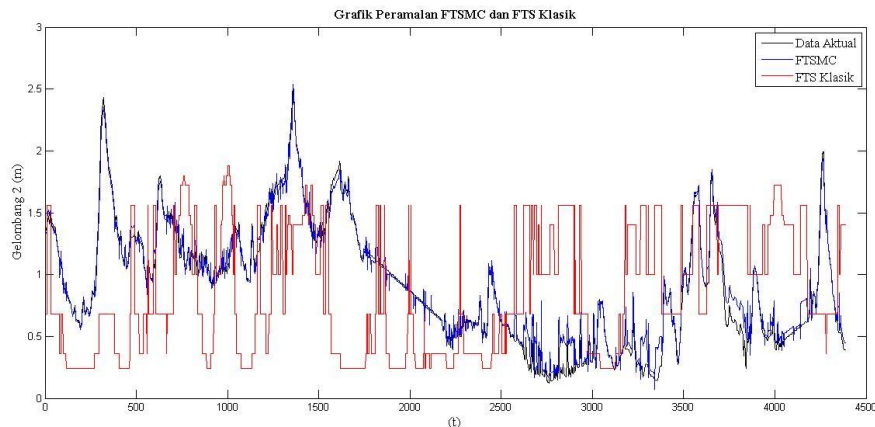
No	Tanggal	Jam (WIB)	Peramalan Awal Angin	D_{tn}	Peramalan Awal Gel 1 (m)	D_{tn}	Peramalan Awal Gel 2 (m)	D_{tn}	Peramalan Awal Gel 3 (m)	D_{tn}
1	01/01/2016	7	0	0	0	0	0	0	0	0
2	01/01/2016	8	8,67	-0,79	0,76	0	0,61	0	0,87	0
3	01/01/2016	9	7,43	-0,79	0,75	0	0,61	0	0,85	0
4	01/01/2016	10	6,12	0	0,74	0	0,62	0	0,83	0
5	01/01/2016	11	5,11	-0,79	0,73	0	0,62	0	0,81	0
6	01/01/2016	12	3,85	-0,79	0,71	0	0,62	0	0,80	0
7	01/01/2016	13	2,70	-0,79	0,70	0	0,63	0	0,78	0
8	01/01/2016	14	162	0	0,69	0	0,63	0	0,76	0
9	01/01/2016	15	0,91	0	0,71	0	0,66	0	0,78	0
10	01/01/2016	16	1,46	0,79	0,73	0	0,68	0	0,81	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
13154	7/3/2017	1	13,84	0	1,67	0	1,32	0	1,91	0
13155	7/3/2017	2	13,74	0	1,65	0	1,32	0	1,90	0
13156	7/3/2017	3	13,65	0	1,64	0	1,33	0	1,89	0
13157	7/3/2017	4	13,57	0	1,63	0	1,34	0	1,87	0
13158	7/3/2017	5	13,49	0	1,62	0	1,34	0	1,86	0

h. Menentukan hasil peramalan akhir. Untuk menyelesaikan hasil peramalan akhir dapat digunakan persamaan berikut

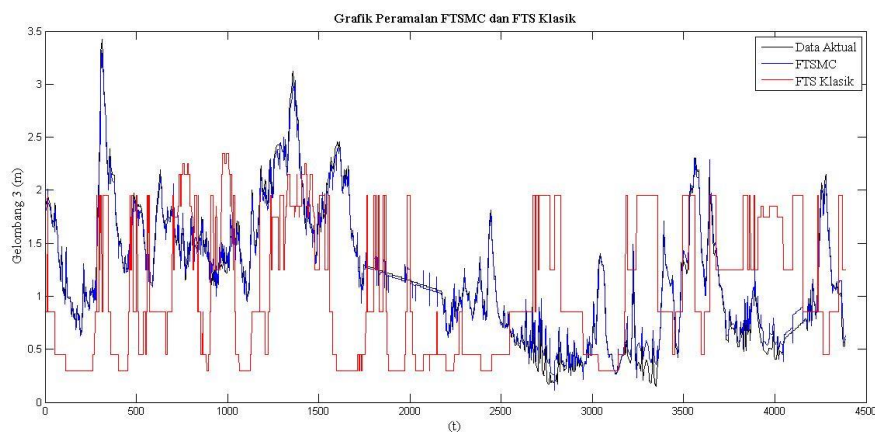
$$F'(t) = F(t) \pm D_{t_1} \pm D_{t_2} = F(t) \pm \frac{l}{2} \pm (\frac{l}{2}v) \quad (2.24)$$

Persamaan (2.24) ini menggunakan nilai penyesuaian yang telah didapatkan pada langkah ke 7. Misalnya saja pada data angin yang memiliki nilai penyesuaian sebesar $-0,79$ dan nilai peramalan awal sebesar $8,67$ sehingga

3	7/2/2017	8	13.34	7.46	1.60	0.76	1.35	0.68	1.85	0.85
4	7/2/2017	9	13.32	7.46	1.61	0.76	1.35	0.68	1.86	0.85
5	7/2/2017	10	13.31	3.23	1.62	0.76	1.36	0.68	1.87	0.85
6	7/2/2017	11	13.32	6.36	1.63	0.76	1.36	0.68	1.87	0.85
7	7/2/2017	12	13.34	1.67	1.63	0.76	1.37	0.68	1.88	0.85
8	7/2/2017	13	13.13	1.67	1.64	0.76	1.38	0.68	1.89	0.85
9	7/2/2017	14	12.93	1.67	1.65	0.76	1.39	0.68	1.89	0.85
10	7/2/2017	15	12.75	6.36	1.67	0.76	1.4	0.68	1.9	0.85
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4382	12/31/2017	19	1.90	9.34	0.49	1.11	0.39	1.40	0.53	1.25
4383	12/31/2017	20	1.77	9.34	0.49	1.11	0.39	1.40	0.55	1.25
4384	12/31/2017	21	1.63	9.34	0.49	1.11	0.39	1.40	0.56	1.25
4385	12/31/2017	22	1.50	9.34	0.50	1.11	0.39	1.40	0.58	1.25
4386	12/31/2017	23	1.36	9.34	0.50	1.11	0.39	1.40	0.59	1.25



Gambar 4.7 Grafik Peramalan FTSMC dan FTS Klasik Gelombang 2



Gambar 4.8 Grafik Peramalan FTSMC dan FTS Klasik Gelombang 3

Dari Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa peramalan menggunakan FTS- Markov Chain lebih baik dibandingkan dengan FTS Klasik karena nilai peramalannya yang mengikuti data aktual.

B. Perhitungan *Error*

Perhitungan *error* ini dilakukan untuk menguji tingkat keakuratan dari model FTS-*Markov Chain*. Sebagai model pembanding maka digunakan model FTS Klasik. Pengujian tingkat akurasi pada penelitian ini menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan persamaan (2.23). Hasil perhitungan MAPE dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Perhitungan Nilai *Error* menggunakan MAPE

Data	MAPE FTSMC	MAPE FTSKlasik
Angin	0,018 %	0,119%
Gelombang 1	0,001 %	0,028 %
Gelombang 2	0,003 %	0,059%
Gelombang 3	0,001 %	0,026 %

Tabel 4.21 dapat diketahui bahwa metode *FTS-Markov Chain* memiliki nilai MAPE lebih kecil dibandingkan dengan metode FTS Klasik. Hal ini dapat dilihat pada data angin yang memiliki nilai MAPE *FTS-Markov Chain* 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%. Dengan demikian model *FTS-Markov Chain* lebih baik dibandingkan model FTS Klasik dalam meramalkan cuaca di jalur penyeberangan Gresik-Bawean karena memiliki nilai MAPE *FTS-Markov Chain* lebih kecil dibandingkan dengan nilai MAPE FTS Klasik.

C. Peramalan Menggunakan 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 4.22 adalah hasil peramalan dua hari kedepan,

Tabel 4.22 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

D. Integrasi Keilmuan

Peramalan merupakan hal yang dilarang atau yang diharamkan dalam agama Islam. Sebagaimana Allah berfirman dalam Al Quran pada surat Luqman ayat 34 :

إِنَّ اللَّهَ عِنْدَهُ، عِلْمُ السَّاعَةِ وَيُنَزِّلُ الْغَيْثَ وَيَعْلَمُ مَا فِي الْأَرْحَامِ وَمَا تَدْرِي نَفْسٌ مَآذَا

تَكْسِبُ غَدًا وَمَا تَدْرِي نَفْسٌ بِأَيِّ أَرْضٍ تَمُوتُ إِنَّ اللَّهَ عَلِيمٌ حَكِيمٌ ○

Saran

Untuk pengembangan dari penelitian ini adalah peneliti dapat menggunakan metode peramalan lainnya yang kemudian sebagai pembandingan dari metode peramalan FTS-Ma. Peneliti selanjutnya juga disarankan untuk mengambil perairan lain yang juga berpotensi terhadap cuaca yang ekstrem.

sebagai pembanding dari metode peramalan FTS-Markov Cha
Peneliti selanjutnya juga disarankan untuk mengambil studi ka
perairan lain yang juga berpotensi terhadap cuaca yang ekstrem.

sebagai pembanding dari metode peramalan FTS-Markov Cha
Peneliti selanjutnya juga disarankan untuk mengambil studi ka
perairan lain yang juga berpotensi terhadap cuaca yang ekstrem.

DAFTAR PUSTAKA

- Adyanti, D. A., Novitasari, D. R., Asyhar, A. H., Lubab, A., & Hafiyusholeh, M. (2017). Forecast Marine Weather On Java Sea Using Hybrid Methods: TS-ANFIS. *PROCEEDING 2017 4TH International Conference on Electrical*. Yogyakarta.
- Alpaslan, F., Cagcag, O., Aladag, C., Yolcu, U., & Egrioglu, E. (2012). A Novel Seasonal Fuzzy Time Series Method. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, 375-385.
- Arfah, H. (2016, Juni 15). *News*. Retrieved from [www.kompas.com: http://regionsl.kompas.com/read/2016/06/15/08334951/penumpang.kapal.menuju.bawean.sempat.tertahankan](http://regionsl.kompas.com/read/2016/06/15/08334951/penumpang.kapal.menuju.bawean.sempat.tertahankan)
- Cahyadi, C. (2017, Juni 13). JAWAPOS. Retrieved from [www.jawapos.com: https://www.jawapos.com/read/2017/06/13/137480/kapal-tenggelam-sembilan-pengawak-ini-selamat](https://www.jawapos.com/read/2017/06/13/137480/kapal-tenggelam-sembilan-pengawak-ini-selamat)
- Dewi, C., Kartikasari, D. P., & Mursityo, Y. T. (2014). Prediksi Cuaca Pada Data Time Series Menggunakan Adaptive. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 18-24.
- Faroh, R. A. (2016). *Penerapan Model Fuzzy Time Series-Markov Chain untuk Peramalan Inflasi*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Fauziah, N., Wahyuningsih, S., & Nasution, Y. N. (2016). Peramalan Menggunakan Fuzzy Time Series Chen (Studi Kasus: Curah Hujan Kota Samarinda). *Statistika*, 52-61.
- Kardono, P., Hartono, & Suprajaka. (2015). *Paradigma GEOMARITIM : Strategi Mewujudkan Indonesia Sebagai Poros Maritim Dunia dalam Perspektif Geografi*. Badan Informasi Geospasial.
- Noh, J., Wijono, & Yudaningtyas, E. (2015). Model Average Based FTS Markov Chain untuk Peramalan Penggunaan Bandwidth Jaringan Komputer. *Jurnal EECCIS*, 31-36.
- Pambudi, A. (2016, November 20). *geografi.org*. Dipetik Maret 12, 2018, dari <http://www.geografi.org>
- Rahardjo, A. (2013). *Pembangunan Ekonomi Maritim*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Romadoni, M. (2017, Februari 08). SURYA. Retrieved from [www.tribunnews.com:http://surabaya.tribunnews.com/2017/02/08/kisah-penumpang-kapal-ke-bawean-tunggu-kepastian-berangkat-terpaksa-rogohek-lebih-dalam](http://surabaya.tribunnews.com/2017/02/08/kisah-penumpang-kapal-ke-bawean-tunggu-kepastian-berangkat-terpaksa-rogohek-lebih-dalam)

- Rukhansah, N., Muslim, M. A., & Arifudin, R. (2015). Fuzzy Time Series Markov Chain Dalam Meramalkan Harga SahaM. *Seminar Nasional Ilmu Komputer*, 309-321.
- Rusabawean. (2013, Oktober 18). *rusabawean*. Diambil kembali dari rusabawean.com: <http://www.rusabawean.com/bagaimana-cara-ke-pulau-bawean>
- Tsaur, R.-C. (2012). 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*, 4931-4942.
- Wijaya, A. B., Dewi, C., & Rahayudi, B. (2018). Peramalan Curah Hujan Menggunakan Metode High Order Fuzzy Time Series Multi Factors. *Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmi Komputer*, 930-939.

