

SKRIPSI

**PERAMALAN *FUZZY TIME SERIES* BERDASARKAN RANTAI MARKOV
DENGAN ALGORITMA PARTISI *FUZZY C-MEANS CLUSTERING* (FCM)**

*FUZZY TIME SERIES FORECASTING BASED ON MARKOV CHAIN WITH FUZZY
C-MEANS CLUSTERING PARTITION ALGORITHM*



Disusun Oleh:

Adella Melati Kusumadani

24010116120007

**DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2020

SKRIPSI

**PERAMALAN *FUZZY TIME SERIES* BERDASARKAN RANTAI MARKOV
DENGAN ALGORITMA PARTISI *FUZZY C-MEANS CLUSTERING* (FCM)**

*FUZZY TIME SERIES FORECASTING BASED ON MARKOV CHAIN WITH FUZZY
C-MEANS CLUSTERING PARTITION ALGORITHM*



Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat Sarjana Matematika
(S.Mat)

Disusun Oleh:

Aldella Melati Kusumadani

24010116120007

**DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2020

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

**PERAMALAN *FUZZY TIME SERIES* BERDASARKAN RANTAI MARKOV
DENGAN ALGORITMA PARTISI *FUZZY C-MEANS CLUSTERING (FCM)***

Telah dipersiapkan dan disusun oleh:

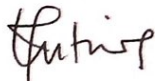
ALDELLA MELATI KUSUMADANI

24010116120007

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

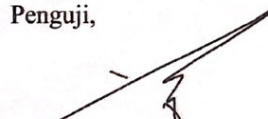
pada tanggal 20 Juli 2020

Pembimbing II/Penguji,



Dr. Sutimin, M.Si
NIP. 19640327199011001

Susunan Tim Penguji
Penguji,



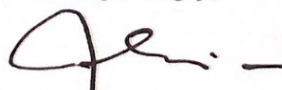
Bambang Irawanto, S.Si, M.Si
NIP. 196707291994031001

Mengetahui,
Ketua Departemen Matematika



Dr. Susilo Hariyanto, S.Si, M.Si
NIP. 197410142000121001

Pembimbing I/Penguji,



Farikhin, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 197312202000121001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi. Skripsi dengan judul “Metode Peramalan *Fuzzy Time Series* berdasarkan Aturan Rantai Markov dan *Fuzzy C-Means Clustering (FCM)*” disusun sebagai syarat memperoleh derajat Sarjana Strata Satu (S1) pada Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang.

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis menyadari adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, maka penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Dr. Susilo Hariyanto, S.Si, M.Si, selaku Ketua Departemen Matematika FSM Universitas Diponegoro.
2. Farikhin, S.Si, M.Si, Ph.D, selaku dosen pembimbing I sekaligus dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan serta saran dalam penyusunan Skripsi.
3. Dr. Sutimin, M.Si, selaku dosen pembimbing II yang ikut memberi bimbingan kepada saya hingga Skripsi ini selesai.
4. Bapak dan Ibu Dosen yang juga telah memberikan ilmu dan pengetahuan sehingga membantu dalam penilaian Skripsi ini.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah ikut membantu selama proses penyusunan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam Skripsi ini, baik pada teknis maupun materi. Kritik dan saran dari semua pihak yang membangun penulis harapkan demi penyempurnaan Skripsi. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, 20 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL LUAR	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Konsep Peramalan Deret Waktu (<i>Time Series Forecasting</i>)	5
2.2 Himpunan <i>Fuzzy</i> (<i>Fuzzy Sets</i>)	7
2.3 Rantai Markov.....	11
2.4 <i>Clustering</i>	13
2.5 Saham.....	14
2.6 Himpunan Kompak	15
BAB III PEMBAHASAN	19

3.1	Konsep Dasar <i>Fuzzy Time Series</i>	19
3.2	<i>Fuzzy C-Means Clustering</i> (FCM) dan Analisis Konvergensi	34
3.3	Metode Peramalan <i>Fuzzy Time Series</i> berdasarkan Rantai Markov dengan <i>Fuzzy C-Means Clustering</i> (FCM)	53
3.4	Aplikasi <i>Fuzzy Time Series</i> untuk Peramalan Harga Saham	60
BAB IV PENUTUP		67
DAFTAR PUSTAKA		68
LAMPIRAN		71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Permasalahan Kasus Contoh 2.7.....	12
Tabel 2.2	Tabel Pemetaan Penyelesaian Kasus pada Contoh 2.7	12
Tabel 2.3	Contoh Sederhana <i>Clustering</i>	13
Tabel 3.1	Kategori Nilai AFER.....	23
Tabel 3.2	Data IHSG Bulan Mei 2019 - Februari 2020	25
Tabel 3.3	Derajat Keanggotaan untuk Data IHSG	27
Tabel 3.4	Lanjutan Tabel 3.3	27
Tabel 3.5	<i>Fuzzifikasi</i> Nilai IHSG Bulan Februari 2020	28
Tabel 3.6	FLR Nilai IHSG Bulan Februari 2020	28
Tabel 3.7	Ramalan Nilai IHSG dengan Konsep Song dan Chissom	33
Tabel 3.8	Penghitungan AFER pada Ramalan Nilai IHSG Februari 2020	34
Tabel 3.9	Tingkat Inflasi pada Bulan September 2019 – Maret 2020	43
Tabel 3.10	Pembangkitan Nilai Random untuk Matriks Awal U	44
Tabel 3.11	Derajat Keanggotaan Awal Matriks U untuk Data IHSG	44
Tabel 3.12	Penghitungan <i>Centroid</i> Iterasi 1 untuk Kasus Data IHSG	44
Tabel 3.13	<i>Centroid</i> pada Iterasi 1 untuk Kasus Data IHSG	45
Tabel 3.14	Jarak Setiap Data ke <i>Centroid</i> Iterasi 1 untuk Kasus data IHSG	45
Tabel 3.15	Pembaruan Nilai Keanggotaan Iterasi 1 untuk Kasus data IHSG	45
Tabel 3.16	Penghitungan Nilai Objektif Iterasi 1 untuk Kasus data IHSG	46
Tabel 3.17	Penghitungan <i>Centroid</i> Iterasi 2 untuk Kasus Data IHSG	46
Tabel 3.18	<i>Centroid</i> pada Iterasi 2 untuk Kasus data IHSG	47
Tabel 3.19	Jarak Setiap Data ke <i>Centroid</i> Iterasi 2 untuk Kasus Data IHSG	47
Tabel 3.20	Pembaruan Nilai Keanggotaan Iterasi 2 untuk Kasus Data IHSG	47
Tabel 3.21	Penghitungan Fungsi Objektif Iterasi 2 untuk Kasus Data IHSG	48
Tabel 3.22	Penghitungan <i>Centroid</i> Iterasi 3 untuk Kasus Data IHSG	48
Tabel 3.23	<i>Centroid</i> pada Iterasi 3 untuk Kasus data IHSG	49

Tabel 3.24	Jarak Setiap Data ke <i>Centroid</i> Iterasi 3 untuk Kasus Data IHSG	49
Tabel 3.25	Pembaruan Nilai Keanggotaan Iterasi 3 untuk Kasus Data IHSG	49
Tabel 3.26	Penghitungan Fungsi Objektif Iterasi 3 untuk Kasus Data IHSG	50
Tabel 3.27	Penghitungan <i>Centroid</i> Iterasi 4 untuk Kasus Data IHSG	50
Tabel 3.28	<i>Centroid</i> pada Iterasi 4 untuk Kasus Data IHSG	51
Tabel 3.29	Jarak Setiap Data ke <i>Centroid</i> Iterasi 4 untuk Kasus Data IHSG	51
Tabel 3.30	Pembaruan Nilai Keanggotaan Iterasi 4 untuk Kasus Data IHSG	51
Tabel 3.31	Penghitungan Fungsi Objektif Iterasi 4 untuk Kasus Data IHSG	52
Tabel 3.32	Pencocokan <i>Cluster</i> Akhir untuk Kasus Data IHSG	52
Tabel 3.33	Kesimpulan Pengelompokkan Data untuk Kasus data IHSG	53
Tabel 3.34	Hasil Ramalan Nilai IHSG Februari 2020 dengan FLR dan Rantai Markov	58
Tabel 3.35	Nilai Penyesuaian Ramalan Data IHSG	59
Tabel 3.36	Hasil Ramalan Akhir Nilai IHSG menggunakan Aturan Rantai Markov ...	60
Tabel 3.37	<i>Universe of Discourse</i> Simulasi Data	61
Tabel 3.38	Banyaknya <i>Cluster</i> Optimal pada Simulasi	62
Tabel 3.39	Ramalan Harga Saham PT. Waskita Karya Tbk. Awal Bulan Januari 2021 Tanpa Rantai Markov.....	62
Tabel 3.40	Ramalan Harga Saham PT. Waskita Karya Tbk. Awal Bulan Januari 2021 dengan Rantai Markov	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pola Data Tren	6
Gambar 2.2	Pola Data Siklis	6
Gambar 2.3	Pola Data Musiman	6
Gambar 2.4	Pola Data Stasioner/Horizontal	7
Gambar 2.5	Contoh Fungsi Keanggotaan Segitiga	9
Gambar 3.1	Diagram Algoritma <i>Fuzzy Time Series</i> milik Qiang Song dan Brad. S. Chissom	24
Gambar 3.2	Grafik Data IHSG Bulan Mei 2019 – Februari 2020	25
Gambar 3.3	Grafik fungsi keanggotaan <i>fuzzy</i> untuk Data Tabel 3.2.	26
Gambar 3.4	Diagram Alir Algoritma <i>Fuzzy C-Means Clustering</i> (FCM).....	37
Gambar 3.5	Diagram Algoritma <i>Fuzzy Time Series</i> dengan Rantai Markov dan <i>Fuzzy C-Means Clustering</i> (FCM).....	57
Gambar 3.6	Diagram Transisi untuk Kasus Data IHSG	58
Gambar 3.7	Grafik Harga Saham PT. Waskita Karya Tbk Bulan Januari 2015-2020	61
Gambar 3.8	Grafik Ramalan Harga Saham Pembukaan PT. Waskita Karya Tbk bulan Januari tanpa Aturan Rantai Markov Tahun 2015-2020.....	63
Gambar 3.9	Grafik Ramalan Harga Saham Pembukaan PT. Waskita Karya Tbk bulan Januari tanpa Aturan Rantai Markov Tahun 2015-2020.....	63
Gambar 3.10	Grafik Ramalan Harga Saham Pembukaan PT. Waskita Karya Tbk bulan Januari tanpa Aturan Rantai Markov Tahun 2015-2020.....	64
Gambar 3.11	Grafik Ramalan Harga Saham Pembukaan PT. Waskita Karya Tbk bulan Januari dengan Aturan Rantai Markov Tahun 2015-2020.....	65
Gambar 3.12	Grafik Ramalan Harga Saham Penutupan PT. Waskita Karya Tbk bulan Januari dengan Aturan Rantai Markov Tahun 2015-2020.....	65
Gambar 3.13	Grafik Ramalan Harga Saham Tertinggi PT. Waskita Karya Tbk bulan Januari dengan Aturan Rantai Markov Tahun 2015-2020.....	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Harga Saham PT. Waskita Karya Tbk Bulan Januari Tahun 2015-2020	70
Lampiran 2	Uji Coba Partisi Data Harga Saham dengan <i>Fuzzy C-Means Clustering</i>	74
Lampiran 3	M-File MATLAB untuk Mencari Jumlah Cluster Optimal	77
Lampiran 4	M-File MATLAB untuk Algoritma Fuzzy Time Series dengan Algoritma Fuzzy C-Means Clustering	78
Lampiran 5	M-File MATLAB untuk Algoritma <i>Fuzzy Time Series</i> dengan Rantai Markov dan <i>Fuzzy C-Means Clustering</i>	82
Lampiran 6	Output Algoritma <i>Fuzzy Time Series</i> dengan Algoritma <i>Fuzzy C-Means Clustering</i> (Pada Harga Pembukaan Saham PT. Waskita Karya Tbk)	86
Lampiran 7	Output Algoritma <i>Fuzzy Time Series</i> dengan Algoritma <i>Fuzzy C-Means Clustering</i> (Pada Harga Penutupan Saham PT. Waskita Karya Tbk).....	94
Lampiran 8	Output Algoritma <i>Fuzzy Time Series</i> dengan Algoritma <i>Fuzzy C-Means Clustering</i> (Pada Harga Tertinggi Saham PT. Waskita Karya Tbk).....	103
Lampiran 9	Output Algoritma <i>Fuzzy Time Series</i> berdasarkan Rantai Markov dengan Algoritma <i>Fuzzy C-Means Clustering</i> (Pada Harga Pembukaan Saham PT. Waskita Karya Tbk)	112
Lampiran 10	Output Algoritma <i>Fuzzy Time Series</i> berdasarkan Rantai Markov dengan Algoritma <i>Fuzzy C-Means Clustering</i> (Pada Harga Penutupan Saham PT. Waskita Karya Tbk)	120
Lampiran 11	Output Algoritma <i>Fuzzy Time Series</i> berdasarkan Rantai Markov dengan Algoritma <i>Fuzzy C-Means Clustering</i> (Pada Harga Tertinggi Saham PT. Waskita Karya Tbk)	128

DAFTAR ARTI LAMBANG

σ_A	: Fungsi karakteristik himpunan tegas A
\tilde{A}	: Himpunan <i>Fuzzy</i> dari A
μ_A	: Fungsi keanggotaan himpunan <i>fuzzy</i> \tilde{A}
\mathbb{R}	: Himpunan semua bilangan riil
$\mu_{\tilde{A}}(x)$: Derajat keanggotaan x pada himpunan <i>fuzzy</i> \tilde{A}
\circ	: Operator komposisi max-min
$\mathbb{P}(X_{t+1} = s X_t = s_t)$: Probabilitas transisi rantai markov dari X_t ke X_{t+1}
C_i	: <i>Cluster</i> ke- i
$A \cup B$: Gabungan himpunan A dan B
$A \cap B$: Irisan himpunan A dan B
d	: Jarak Euclidean
v_i	: Pusat <i>cluster</i> ke- i
$A \subset B$: A merupakan himpunan bagian dari B
K^c	: Komplemen dari K (Himpunan dengan anggota selain himpunan K)
$[a, b]$: Interval tertutup $a \leq x \leq b$
$R(t, t - 1)$: Relasi <i>fuzzy</i> untuk data ke- $t - 1$ dan data ke- t
U	: Semesta Pembicaraan (<i>Universe of Discourse</i>)
\times	: Hasil kali <i>cartesian</i>
A^T	: Transpose matriks A
$AFER$: <i>Average Forecasting Error Rate</i>
$ x $: Nilai mutlak dari x

$J_m(U, v)$: Fungsi objektif pada <i>fuzzy c-means clustering</i>
u_{ik}	: Derajat keanggotaan pada matriks partisi <i>fuzzy c-means clustering</i>
χ	: Himpunan bilangan bulat positif terurut $1 \leq k \leq \infty$
ϵ	: Nilai error maksimum pada <i>fuzzy c-means clustering</i>
M_{fc}	: Matriks partisi berdimensi $f \times c$
PC	: <i>Partition Coefficient</i>
P_{ij}	: Probabilitas transisi dari kondisi A_i dan A_j satu langkah
$F'(t)$: Nilai ramalan tahap pertama untuk periode ke- t
D_t	: Nilai penyesuaian ramalan
$F(t)$: Nilai ramalan akhir untuk periode ke- t

ABSTRAK

PERAMALAN *FUZZY TIME SERIES* BERDASARKAN RANTAI MARKOV DENGAN ALGORITMA PARTISI *FUZZY C-MEANS CLUSTERING* (FCM)

Oleh

Aldella Melati Kusumadani

24010116120007

Konsep peramalan menjadi salah satu pertimbangan dalam mengambil suatu keputusan, salah satunya dalam transaksi saham. Ramalan harga saham menjadi salah satu pertimbangan investor untuk menjual, membeli, atau menahan sahamnya pada waktu tertentu. Pendekatan yang tepat untuk meramalkan saham yaitu menggunakan analisis deret waktu (*time series*). Beberapa metode peramalan *time series* telah diperkenalkan oleh para peneliti, salah satunya adalah metode yang menggabungkan analisis *time series* dengan logika *fuzzy*. Konsep tersebut diperkenalkan oleh Qiang Song dan Brad S. Chissom, yang selanjutnya dimodifikasi peneliti-peneliti lain. Modifikasi metode dilakukan untuk menyelidiki tingkat kesalahan ramalan yang akan diperoleh. Pada Skripsi ini, penulis melakukan modifikasi metode peramalan pada konsep *fuzzy time series* berdasarkan rantai Markov dengan menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means Clustering* (FCM) sebagai metode partisi semesta pembahasan. Penulis menggunakan nilai *Average Forecasting Error Rate* (AFER) untuk menyelidiki tingkat akurasi dari hasil ramalan dan menggunakan *software* MATLAB untuk mendapatkan hasil akhir. Modifikasi metode diterapkan untuk meramalkan harga pembukaan, penutupan, dan tertinggi pada saham PT. Waskita Karya Tbk pada awal tahun 2021. Nilai AFER yang diperoleh untuk setiap harga saham tersebut berturut-turut adalah 1,6525%, 1,6776%, dan 1,5032%.

Kata kunci : AFER, *Fuzzy C-Means Clustering* (FCM), Peramalan *Fuzzy Time Series*, Rantai Markov.

ABSTRACT

FUZZY TIME SERIES FORECASTING BASED ON MARKOV CHAIN WITH FUZZY C-MEANS CLUSTERING (FCM) PARTITION ALGORITHM

By

Aldella Melati Kusumadani

24010116120007

Forecasting becomes one of considerations in decision making, one of them is in stock transactions. The stock price forecast becomes one of considerations for the investors to sell, buy, or hold theirs at any given time. The right approach to forecasting stocks is using time series analysis. Some of the methods have been introduced by researchers, one of which is a method that combines time series analysis with fuzzy logic. The concept was introduced by Qiang Song and Brad S. Chissom, and was modified by other researchers. The modifications are used to get a more accurate value. On this essay, the author modifies forecasting methods on the concept of fuzzy time series based on Markov Chain using Fuzzy C-Means Clustering (FCM) algorithm as a partitioning method of the universe of discourse. This research uses the Average Forecasting Error Rate (AFER) value to get the forecasting accuracy and uses MATLAB to obtain the final results. Modification of the method was applied to predict the opening, closing, and highest stock price of *PT. Waskita Karya Tbk* at the beginning of the year 2021. The AFER value acquired for each price are 1,6525%, 1,6776%, dan 1,5032%.

Keywords: AFER, Fuzzy C-Means Algorithm (FCM), Fuzzy Time Series Forecasting, Markov Chain.