

**SKRIPSI**

**METODE PERAMALAN *FUZZY TIME SERIES-MARKOV CHAIN*  
BERDASARKAN *K-MEANS CLUSTERING***

***FUZZY TIME SERIES-MARKOV CHAIN FORECASTING METHOD  
BASED ON K-MEANS CLUSTERING***



**NEGA RANANTI RETMADIKA**

24010116120029

**DEPARTEMEN MATEMATIKA**

**FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**2020**

**SKRIPSI**

**METODE PERAMALAN *FUZZY TIME SERIES-MARKOV CHAIN*  
BERDASARKAN *K-MEANS CLUSTERING***

***FUZZY TIME SERIES-MARKOV CHAIN FORECASTING METHOD  
BASED ON K-MEANS CLUSTERING***

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



**NEGA RANANTI RETMADIKA**

24010116120029

**DEPARTEMEN MATEMATIKA**

**FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**2020**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**METODE PERAMALAN *FUZZY TIME SERIES-MARKOV CHAIN*  
BERDASARKAN *K-MEANS CLUSTERING***

Telah dipersiapkan dan disusun oleh :

**NEGA RANANTI RETMADIKA**

**24010116120029**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal 14 Juli 2020

**Susunan Tim Penguji**

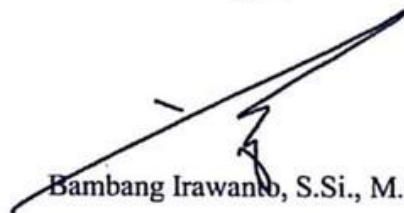
**Pembimbing II/Penguji,**



**Drs. Kartono, M.Si**

**NIP. 19630825 199003 1 003**

**Penguji,**



**Bambang Irawanto, S.Si., M.Si**

**NIP. 19670729 199403 1 001**

**Mengetahui,**

**Ketua Departemen Matematika,**



**Dr. Susilo Haryanto, S.Si., M.Si**

**NIP. 19741014 200012 1 001**

**Pembimbing I/Penguji,**



**Farikhin, S.Si., M.Si., Ph.D**

**NIP. 19731220 200012 1 001**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 08 Juni 2020

Nega Rananti Retmadika

**Kupersembahkan karya ini untuk:**

*Ibu, Bapak, dan Adik*

*dan segenap keluarga tercinta*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas segala rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi yang berjudul “**Metode Peramalan *Fuzzy Time Series-Markov Chain* Berdasarkan *K-Means Clustering*”**. Skripsi ini disusun sebagai syarat unruk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang.

Dalam penyusunan Skripsi ini banyak pihak yang telah membantu maka tidak lupa penulis menyampaikan rasa hormat dan mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Susilo Haryanto, S.Si., M.Si selaku Ketua Departemen Matematika FSM UNDIP yang telah memberi izin penyusunan Skripsi ini.
2. Bapak Farikhin, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan senantiasa sabar dalam memberikan bimbingan penyusunan Skripsi ini.
3. Bapak Drs. Kartono, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan senantiasa sabar dalam memberikan bimbingan penyusunan Skripsi ini.
4. Bapak Bambang Irawanto, S.Si., M.Si selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu dalam ujian Skripsi.
5. Bapak, Ibu, Adik, Bertha serta keluarga besar yang telah mendukung dan selalu mendoakan saya dalam mengerjakan Skripsi ini.
6. Sahabat dan teman-teman Matematika Angkatan 2016 yang selalu memberi semangat, masukan, dan bantuannya selama mengerjakan Skripsi ini.
7. Semua pihak yang telah ikut membantu hingga selesainya penyusunan Skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan.

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL LUAR .....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK .....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	5

2.1 Peramalan Runtun Waktu ( <i>time series forecasting</i> ).....	5
2.2 Dasar Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	7
2.2.1 Fungsi Keanggotaan.....	9
2.3 Pengelompokan Data ( <i>clustering</i> ).....	13
2.3.1 <i>K-Means Clustering</i> .....	13
2.3.2 Validitas <i>Clustering</i> .....	15
2.4 Harga Saham .....	18
BAB III PEMBAHASAN .....	19
3.1 Metode <i>Fuzzy Time Series</i> Song dan Chissom .....	19
3.2 Metode <i>Fuzzy Time Series</i> dengan Rantai Markov .....	30
3.3 Pembagian Sub interval pada <i>Fuzzy Time Series</i> dengan Metode <i>K-Means Clustering</i> .....	38
3.4 Algoritma <i>Fuzzy Time Series</i> dengan Rantai Markov Berdasarkan <i>K-Means Clustering</i> .....	49
3.4.1 Penerapan <i>Fuzzy Time Series-Markov Chain</i> dengan <i>K-Means Clustering</i> pada Harga Saham.....	52
BAB IV PENUTUP .....	81
4.1 Kesimpulan .....	81
4.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA .....	83
LAMPIRAN.....	85-133



## DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

$U$	: himpunan semesta pembicaraan $U$
$u_i$	: partisi interval $U$ (subinterval)
$m_i$	: nilai tengah subinterval $u_i$
$l$	: panjang subinterval $u_i$
$\in$	: elemen
$\tilde{A}$	: himpunan <i>fuzzy</i> $\tilde{A}$
$\mu_{\tilde{A}}: X \rightarrow [0,1]$	: Fungsi keanggotaan dari suatu himpunan <i>fuzzy</i> $\tilde{A}$
$\mu_{\tilde{A}}(x)$	: derajat keanggotaan dari $x$ pada himpunan <i>fuzzy</i> $\tilde{A}$
$K$	: jumlah cluster
$x_i$	: data ke- $i$
$C$	: <i>centroid</i>
$J$	: fungsi objektif
$a_i^j$	: rata-rata jarak data ke- $i$ terhadap semua data dalam satu cluster $j$
$b_i^j$	: rata-rata jarak data ke- $i$ terhadap semua data yang tidak dalam satu cluster $j$ dengan data ke- $i$
$SI$	: indeks silhouette
$min$	: minimal
$max$	: maksimal
$\mathbb{R}$	: himpunan bilangan real
$D_{min}$	: data diskrit minimal

$D_{max}$	: data diskrit maksimal
$\forall$	: untuk setiap
$D_1$ dan $D_2$	: bilangan real positif yang sesuai
$R$	: matriks relasi <i>fuzzy</i>
FLR	: <i>fuzzy logical relationship</i>
FLRG	: <i>fuzzy logical relationship group</i>
$F_t$	: nilai <i>fuzzy time series</i> data- $t$
$D_t$	: nilai penyesuaian pada data ke- $t$
$F'_t$	: nilai peramalan <i>fuzzy time series</i> data ke- $t$ setelah disesuaikan
$Ubound_m$	: batas atas interval
$Lbound_m$	: batas bawah interval
$<$	: lebih kecil dari
$>$	: lebih besar dari
$\leq$	: lebih kecil dari atau sama dengan
$\geq$	: lebih besar dari atau sama dengan

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Pengukuran <i>Silhouette Coefficient</i> .....	17
Tabel 3.1 Keanggotaan <i>Fuzzy Time Series</i> .....	20
Tabel 3.2 Data Nilai Ekspor Minyak Mentah .....	24
Tabel 3.3 Nilai Keanggotaan Masing-masing Data .....	26
Tabel 3.4 Fuzzifikasi Nilai Ekspor Minyak Mentah .....	26
Tabel 3.5 FLR Nilai Ekspor Minyak Mentah .....	27
Tabel 3.6 Hasil FLRG Nilai Ekspor Minyak Mentah.....	27
Tabel 3.7 Nilai Ramalan Ekspor Minyak Mentah .....	29
Tabel 3.8 Nilai Kesalahan Ramalan <i>Fuzzy Time Series</i> .....	30
Tabel 3.9 Matriks Probabilitas Perpindahan <i>State A<sub>i</sub></i> ke <i>A<sub>j</sub></i> .....	35
Tabel 3.10 Hasil Peramalan Sebelum Disesuaikan ( $F_t$ ) .....	36
Tabel 3.11 Nilai Peramalan Setelah Disesuaikan ( $F'_t$ ) .....	37
Tabel 3.12 Nilai Kesalahan Ramalan <i>Fuzzy Time Series-Markov Chain</i> .....	37
Tabel 3.13 Nilai <i>Centroid</i> Awal pada Data Ekspor Minyak Mentah.....	42
Tabel 3.14 Jarak Data ke <i>Centroid</i> pada Iterasi 1 .....	42
Tabel 3.15 Matriks Keanggotaan pada Iterasi 1.....	43
Tabel 3.16 Perhitungan <i>Centroid</i> 1 pada Iterasi 1.....	43
Tabel 3.17 Perhitungan <i>Centroid</i> 2 pada Iterasi 1.....	43
Tabel 3.18 Perhitungan <i>Centroid</i> 3 pada Iterasi 1.....	44
Tabel 3.19 Nilai <i>Centroid</i> yang Diperoleh dari Iterasi 1 .....	44
Tabel 3.20 Nilai Fungsi Objektif pada Iterasi 1 .....	44
Tabel 3.21 Jarak Data ke <i>Centroid</i> pada Iterasi 2 .....	45
Tabel 3.22 Matriks Keanggotaan pada Iterasi 2.....	45
Tabel 3.23 Nilai <i>Centroid</i> yang Diperoleh pada Iterasi 2 .....	46

Tabel 3.24 Hasil Pengelompokkan <i>K-means</i> .....	46
Tabel 3.25 Hasil Nilai SI Untuk Setiap Data Dalam Cluster 1 .....	46
Tabel 3.26 Hasil Nilai SI Untuk Setiap Data Dalam Cluster 2.....	47
Tabel 3.27 Hasil Nilai SI Untuk Setiap Data Dalam Cluster 3.....	47
Tabel 3.28 Nilai Indeks Silhouette untuk <i>k</i> Cluster Data Ekspor Minyak Mentah .....	48
Tabel 3.29 Data Historis Harga Saham PT. Waskita Karya (Persero) Tbk. ....	52
Tabel 3.30 Nilai <i>Centroid</i> Awal pada Data Harga Saham Penutupan .....	55
Tabel 3.31 Jarak Data ke Masing-masing <i>Centroid</i> pada Iterasi 1 .....	55
Tabel 3.32 Matriks Keanggotaan pada Iterasi 1.....	56
Tabel 3.33 Nilai <i>Centroid</i> yang Diperoleh pada Iterasi 1 .....	56
Tabel 3.34 Nilai Fungsi Objektif pada Iterasi 1 .....	57
Tabel 3.35 Jarak Data ke Masing-masing <i>Centroid</i> pada Iterasi 2 .....	58
Tabel 3.36 Matriks Keanggotaan pada Iterasi 2.....	58
Tabel 3.37 Nilai <i>Centroid</i> yang Diperoleh dari Iterasi 2 .....	59
Tabel 3.38 Nilai Fungsi Objektif pada Iterasi 2.....	59
Tabel 3.39 Jarak Data ke Masing-masing <i>Centroid</i> pada Iterasi 3 .....	60
Tabel 3.40 Matriks Keanggotaan pada Iterasi 3.....	61
Tabel 3.41 Nilai <i>Centroid</i> yang Diperoleh dari Iterasi 3 .....	62
Tabel 3.42 Nilai Fungsi Objektif pada Iterasi 3.....	62
Tabel 3.43 Nilai <i>Centroid</i> Akhir .....	63
Tabel 3.44 Interval dan Nilai Tengah .....	64
Tabel 3.45 Fuzzifikasi Data Aktual Penutupan Saham.....	65
Tabel 3.46 FLR Data Penutupan Saham.....	68
Tabel 3.47 Hasil <i>Fuzzy Logic Relationship Group</i> .....	71
Tabel 3.48 Hasil Peramalan Awal Sebelum Disesuaikan .....	72

Tabel 3.49 Nilai Peramalan Akhir Setelah Disesuaikan .....	75
Tabel 3.50 Hasil Ramalan Harga Saham PT. Waskita Karya Persero Tbk. dengan 20 cluster sampai 40 cluster .....	79

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola Data Horizontal .....	6
Gambar 2.2 Pola Data Musiman .....	6
Gambar 2.3 Pola Data Siklis .....	7
Gambar 2.4 Pola Data Trend .....	7
Gambar 2.5 Himpunan <i>Fuzzy</i> dengan Fungsi Keanggotaan Linier Naik.....	10
Gambar 2.6 Himpunan <i>Fuzzy</i> dengan Fungsi Keanggotaan Linier Turun.....	10
Gambar 2.7 Himpunan <i>Fuzzy</i> dengan Fungsi Keanggotaan Segitiga .....	11
Gambar 2.8 Himpunan <i>Fuzzy</i> dengan Fungsi Keanggotaan trapesium .....	11
Gambar 2.9 Himpunan <i>Fuzzy</i> dengan Fungsi Keanggotaan Kurva Bentuk Bahu .	12
Gambar 3.1 Grafik Fungsi Keanggotaan Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	25
Gambar 3.2 Proses Transisi Peramalan berdasarkan FLRG Ekspor Minyak Mentah.....	35
Gambar 3.3 Diagram Alir Algoritma <i>Fuzzy Time Series</i> dengan <i>K-means</i> <i>Clustering</i> .....	51
Gambar 3.4 Plot Data Harga Saham Penutupan yang Diurutkan Membentuk 8 Cluster .....	54
Gambar 3.5 Grafik perbandingan Data Aktual Penutupan Saham dengan Peramalan FTS-MC Berdasarkan <i>K-Means Clustering</i> .....	78

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Elemen Matriks Probabilitas .....	86
Lampiran 2. Perhitungan Validitas Hasil <i>K-means Clustering</i> dengan Indeks Silhouette pada Data Harga Saham Penutupan 17 cluster.....	87
Lampiran 3. Perhitungan Interval Berdasarkan Hasil <i>K-means Clustering</i> .....	113
Lampiran 4. Nilai Keanggotaan Data Harga Saham Penutupan PT. Wasita Karya Persero Tbk. ....	116
Lampiran 5. Perhitungan Elemen Matriks Probabilitas pada Harga Saham Penutupan dengan 17 cluster.....	119
Lampiran 6. <i>Syntax</i> Algoritma <i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i> Menggunakan <i>K-means Clustering</i> dengan <i>Software</i> Matlab R2015b.....	126
lampiran 7. Output <i>Syntax</i> Algoritma <i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i> Menggunakan <i>K-means Clustering</i> dengan <i>Software</i> Matlab R2015b .....	131

## ABSTRAK

### METODE PERAMALAN *FUZZY TIME SERIES-MARKOV CHAIN* BERDASARKAN *K-MEANS CLUSTERING*

Oleh

Nega Rananti Retmadika

24010116120029

Sistem peramalan *fuzzy time series* menangkap pola dari data yang telah lalu, kemudian digunakan untuk meramalkan data yang akan datang. Dalam perhitungan peramalan *fuzzy time series*, panjang interval ditentukan di awal proses perhitungan, sedangkan penentuan panjang interval sangat berpengaruh dalam pembentukan *fuzzy relationship*, sehingga nantinya akan berdampak pada hasil peramalan. *K-means clustering* merupakan metode pengelompokan data yang dapat digunakan untuk menentukan panjang interval berdasarkan nilai pusat clusternya. Hasil pengelompokan menggunakan *k-means* dapat diukur tingkat kekuatan pengelompokannya menggunakan indeks validitas silhouette. Dalam skripsi ini, *fuzzy time series-markov chain* berdasarkan *k-means clustering* diterapkan untuk meramalkan data harga saham penutupan, pembukaan, dan tertinggi memberikan hasil yang cukup baik, dengan nilai indeks validitas silhouette masing-masing data yaitu 0,909, 0,793, dan 0,862, dan nilai AFER untuk masing-masing data yaitu 1,679%, 1,856%, dan 1,495%.

Kata kunci: peramalan, saham, *fuzzy time series*, *fuzzy time series-markov chain*, *k-means clustering*, indeks silhouette, AFER.



## **ABSTRACT**

### ***FUZZY TIME SERIES-MARKOV CHAIN FORECASTING METHOD BASED ON K-MEANS CLUSTERING***

by

Nega Rananti Retmadika

24010116120029

Forecasting system with fuzzy time series capturing the pattern from past data, then use it to predict future data. In the calculation of fuzzy time series forecasting, the length of the interval is determined at the beginning of the calculation process, while determining the interval length is very influential in the formation of fuzzy relationships, so that later it will have an impact on forecasting results. K-means clustering is a method of grouping data that can be used to determine the length of the interval based on the value of the cluster center. The result of grouping using k-means can be measured the level of strength of the grouping using the silhouette validity index. In this thesis, fuzzy time series-markov chain based on k-means clustering is applied to predict closing, opening, and highest stock price data that gives good results, with silhouette validity index values of each data are 0,909, 0,793, and 0,862, and AFER values for each data is 1,679%, 1,856%, and 1,495%.

Keywords: forecasting, stock price, fuzzy time series, fuzzy time series-markov chain, k-means clustering, indeks silhouette, AFER.