

**PERAMALAN HARGA SAHAM PT TELKOM INDONESIA TBK  
MENGUNAKAN *FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN***

**SKRIPSI**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana pada  
Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Pakuan

**Disusun Oleh:**

**Muhammad Awaludin**

**064116028**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PAKUAN  
BOGOR  
2021**

*Bismillahirohmaanirohim.*

*Telah kusaksikan orang-orang beriman yang berwudu dengan darah mereka sendiri, sementara air wuduku hanya sebatas tinta.*

*Dengan nama Yang Mahasuci, bagimu yang membaca kata demi kata ini, ingatlah aku dalam doamu. Ingatlah aku agar Dia juga mengingatkan. Kutengahkan tulisan ini agar Sang Penulis Sejati berkenan memaafkanku. Tidakkah usahaku sedikitnya pantas diganjar kebaikan dari bibirmu, walau secuil?*

*Alhamdulillahirabbil' alamin... Segala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, karena atas izin-Nya saya diberi kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini. Di setiap kata, tekanan pada setiap huruf adalah bukti keperkasaan-Nya. Dialah Yang memutuskan semua hasil, dan aku bukanlah yang pantas meminta.*

*Terima kasih untuk keluargaku tercinta, kedua orang tuaku ibu Komariyah dan bapak Muhamad Yusup, adikku Horidatul Ulfah, serta kerabat-kerabat saya atas segala dukungan, kasih sayang, semangat, motivasi dan doa yang telah diberikan. Semua hal yang telah kalian berikan membuat saya bangkit dan melewati semua cobaan sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini.*

*Terima kasih teruntuk ibu Hagni Wijayanti M.Si dan ibu Yasmin Erika Faridhan, M.Si. yang telah membimbing saya dalam menyusun skripsi ini. Terima kasih kepada dosen wali saya ibu Maya Widayastiti, M.Si. beserta seluruh dosen dan staf Program Studi Matematika Fakultas MIPA Universitas Pakuan yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat selama kuliah sehingga dapat dijadikan bekal menuju masa depan.*

*Terima kasih untuk teman-teman seperjuanganku di "BANGKE" yaitu Harpan, Falih, Indra, Putut, Ade, Fajri dan rekan-rekan seperjuanganku Matematika Angkatan 2016 yaitu Anisa, Sri, Rachma, Seno, Erina, Virgy, Utari, Nurul, Ridhar, Novia, Detya, Hasna, Yuli, Indri dan Septi. Terima kasih Penghuni Sekkan (Toto, Dimas, Bram) serta senior-seniorku (Zapar, Puja, Ajay, Nizam), serta adik-adik mahasiswa Matematika Universitas Pakuan. Terima kasih atas segala dukungan dan doa yang telah diberikan, terima kasih untuk semua kasih dan cerita manisnya, semoga kesuksesan selalu mengiringi jalan kita semua.*

*Tidak lupa saya ucapkan terima kasih kepada teman-teman KIRSmartCyber saya yaitu Nanda, Nurendra, Arfa, Vidi dan Fatim, serta Himpunan Mahasiswa Matematika atas dukungan dan pertemanan baiknya selama menuntut ilmu.*

*Alhamdulillah skripsi ini dapat diselesaikan dan terima kasih juga saya ucapkan kepada pihak yang tidak dapat saya ucapkan satu persatu semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya...Aamiin Ya Rabbal Alamin*

## HALAMAN PENGESAHAN

**JUDUL : PERAMALAN HARGA SAHAM PT TELKOM  
INDONESIA TBK. MENGGUNAKAN *FUZZY TIME  
SERIES MARKOV CHAIN***

**NAMA : MUHAMMAD AWALUDIN**

**NPM : 064116028**

**Bogor, Juli 2021**

**Menyetujui,**

**Pembimbing Pendamping**

**Yasmin Erika Faridhan, M. Si.**

**Pembimbing Utama**

**Hagni Wijayanti, M. Si.**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Matematika**

**Dr. Ir. Fitria Virgantari, M.Si.**

**Dekan FMIPA**



**Asep Denih, S.Kom., M.Sc., Ph.D.**

**SURAT PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER  
INFORMASI SERTA PELIMPAHAN KEKAYAAN  
INTELEKTUAL DI UNIVERSITAS PAKUAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Awaludin

NPM : 064116028

Judul Skripsi : Peramalan Harga Saham PT. Telkom Indonesia Tbk.  
Menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain*

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi di atas adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun.

Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Pakuan.

Bogor, Januari 2023



Muhammad Awaludin

NPM. 064116028

## RIWAYAT HIDUP



Muhammad Awaludin, dilahirkan di Kabupaten Bogor tepatnya di Kampung Sukaasih RT. 01/03 Kelurahan Leuwimekar Kecamatan Leuwiliang pada hari Minggu tanggal 16 Februari 1997. Anak pertama dari dua bersaudara dan merupakan putra dari Muhamad Yusup dan Komariyah. Penulis menyelesaikan pendidikan formal dimulai dari Sekolah Dasar pada tahun 2009 di SD Negeri Leuwiliang 4. Pada tahun itu juga peneliti melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Leuwiliang dan lulus pada tahun 2012. Kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Leuwiliang pada tahun 2012 dan selesai pada tahun 2015. Pada tahun 2016 peneliti melanjutkan pendidikan Strata Satu di Universitas Pakuan Bogor Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dengan pilihan Program Studi Matematika.

Selama menjadi mahasiswa, pada tahun 2018 peneliti melaksanakan Praktek Kerja Lapang di Pondok Pesantren Modern Daarul Uluum. Selain itu peneliti aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Matematika (HIMATIKA) Universitas Pakuan Bogor. Pada periode 2018/2019 sebagai anggota Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa dan Organisasi. Penulis juga aktif sebagai panitia beberapa acara, seperti Musyawarah Besar HIMATIKA pada tahun 2018 sebagai ketua divisi DDD dan Lomba Cepat Tepat Matematika (LCTM) Tahun 2019 sebagai Ketua Pelaksana.

Penulis juga aktif dalam kegiatan-kegiatan akademik seperti menjadi wakil perwakilan bidang Matematika Universitas Pakuan dalam Olimpiade Nasional MIPA Tingkat Perguruan Tinggi pada Tahun 2018 dan 2019. Penulis juga menjadi penerima beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik pada Tahun 2019. Kemudian penulis juga pernah menjadi Juara Harapan 1 dalam Lomba Kreatifitas Inovasi Urang Bogor yang diselenggarakan oleh Walikota Bogor pada Tahun 2019.

## RINGKASAN

**MUHAMMAD AWALUDIN**, Peramalan Harga Saham PT. Telkom Indonesia Tbk. Menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain*. Dibimbing oleh HAGNI WIJAYANTI dan YASMIN ERIKA FARIDHAN.

Sepanjang tahun 2020, saham-saham dengan kapitalisasi besar tercatat menjadi pemberat pergerakan IHSG yang melemah 5,09%. Salah satu saham pemberat adalah PT Telkom Indonesia yang turun 16,6% *ytd* ke level Rp 3.310. Peramalan harga saham menjadi hal yang sangat penting dalam berinvestasi. Metode fuzzy time series Markov chain adalah metode yang menggabungkan fuzzy time series dengan rantai Markov untuk mendapatkan matriks peluang transisi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan peramalan harga saham harian PT Telkom Indonesia Tbk dengan menggunakan metode fuzzy time series Markov chain dengan 9 (sembilan) himpunan fuzzy serta mengetahui nilai keakuratan hasil model peramalan yang diperoleh berdasarkan *output* aplikasi peramalan yang dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman R. Data yang digunakan adalah data harga saham penutupan harian PT Telkom Indonesia Tbk. pada periode 31 Juli 2020 sampai 31 Maret 2021. Hasil penelitian menunjukkan dalam satu periode berikutnya yaitu pada tanggal 1 April 2021 dengan metode fuzzy time series Markov chain adalah sebesar Rp 3.466,57 dengan nilai MAPE sebesar 1,1167% sehingga diperoleh bahwa persentase keakuratan peramalannya sebesar 98,882%.

Kata kunci: fuzzy time series Markov chain, harga saham TLKM.JK, peramalan harga saham.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan kepada Tuhan yang Maha Esa karena dengan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Peramalan Harga Saham PT Telkom Indonesia Tbk. Menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain*”**.

Dalam usulan penelitian ini penulis banyak menerima kritik, saran, maupun masukan yang membangun dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Hagni Wijayanti, M. Si. selaku pembimbing utama.
2. Yasmin Erika Faridhan, M.Si. selaku pembimbing pendamping.
3. Dr. Ir. Fitria Virgantari, M.Si selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan
4. Maya Widyastiti, M. Si. selaku dosen wali.
5. Dosen-dosen program studi matematika beserta staf Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan.
6. Kedua orang tua penulis yang memberikan dukungan baik secara moril maupun materil.
7. Teman-teman seperjuangan mahasiswa Matematika Angkatan 2016.
8. Semua pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Dalam usulan penelitian ini penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan usulan penelitian ini. Akhir kata semoga penelitian ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Bogor,                      Juli 2021

Penulis

# DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>I</b>
<b>SURAT PERNYATAAN</b>	<b>II</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	<b>III</b>
<b>RINGKASAN</b>	<b>IV</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>V</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>VI</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>VIII</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>IX</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>X</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Manfaat	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Saham	5
2.2 Harga Saham	6
2.3 Peramalan Saham	8
2.4 Logika Fuzzy	8
2.5 Himpunan Fuzzy	8
2.6 Fungsi Keanggotaan	10
2.7 Proses Stokastik	13
2.8 Rantai Markov (Markov Chain)	14
2.9 Fuzzy Time Series	14
2.10 Fuzzy Time Series Markov Chain	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>21</b>
3.1 Data	21
3.2 Tahapan Penelitian	21
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b>	<b>24</b>
4.1 Deskripsi Data	24

4.2	Hasil Perhitungan Fuzzy Time Series Markov Chain	25
<b>BAB V KESIMPULAN</b>		<b>38</b>
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	38
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>39</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Interval Semester Pembicaraan	27
<b>Tabel 2.</b> Data Fuzzifikasi	29
<b>Tabel 3.</b> Data Fuzzy Logical Relationship	31
<b>Tabel 4.</b> Data Fuzzy Logical Relation Group (FLRG)	32

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Linear Naik	10
<b>Gambar 2.</b> Linear Turun	11
<b>Gambar 3.</b> Kurva Segitiga	12
<b>Gambar 4.</b> Kurva Trapesium	13
<b>Gambar 5.</b> Diagram Alir Tahapan Penelitian	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 6.</b> Diagram Alir Program	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 7.</b> Harga Penutupan Saham TLKM	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 8.</b> Sintaks Interval Linguistik	28
<b>Gambar 9.</b> Sintaks Membuat Himpunan Fuzzy	28
<b>Gambar 10.</b> Sintaks Proses Fuzzifikasi	30
<b>Gambar 11.</b> Diagram Proses Transisi Peramalan	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 12.</b> Sintaks Membuat FLR	33
<b>Gambar 13.</b> Sintaks Membuat Matriks Transisi	34
<b>Gambar 14.</b> Matriks Peluang Transisi Markov dengan R	34
<b>Gambar 15.</b> Sintaks Menghitung Ramalan Awal, Koreksi dan Ramalan Akhir	35
<b>Gambar 16.</b> Hasil Peramalan Sebelum Disesuaikan	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 17.</b> Hasil Peramalan Akhir ( <i>Adjusted Forecasting Value</i> )	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 18.</b> Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Data Peramalan	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 19.</b> Nilai MAPE Peramalan Metode FTSMC	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** Data Harga Saham Penutupan PT Telkom Indonesia Tbk.      **Error!**  
**Bookmark not defined.**
- Lampiran 2.** Data Fuzzifikasi      **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 3.** Data Fuzzy Logical Relationship      **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 4.** Sintaks Program Peramalan Metode FTSMC Dengan R      **Error!**  
**Bookmark not defined.**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan minat masyarakat Indonesia pada sektor investasi relatif pesat khususnya pada generasi milenial. PT Bursa Efek Indonesia (BEI) melaporkan jumlah investor pasar modal Indonesia yang tercatat pada PT Kustodian Sentral Efek Indonesia (KSEI) per Juli 2020, yang terdiri atas investor saham, reksa dana, dan obligasi telah bertumbuh sebesar 22% dari tahun 2019 lalu menjadi 3,02 juta investor (Tari, 2020).

BEI memiliki beberapa indeks saham yang berisikan saham-saham paling likuid yang dijadikan indikator bagi pelaku pasar yaitu Indeks LQ45 yang beranggotakan 45 saham terlikuid. Saham likuid adalah saham yang aktif diperdagangkan, ditandai dengan selalu adanya antrian pemesanan (*order*) pada fraksi-fraksi harga di harga permintaan (*bid price*) maupun penawaran (*offer price*). Salah satu anggota indeks LQ45 adalah PT Telekom Indonesia (Persero) Tbk. (MNC Sekuritas, 2020),

PT Telkom Indonesia (Persero) Tbk adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang jasa layanan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dan jaringan telekomunikasi di Indonesia. Pemegang saham mayoritas Telkom adalah Pemerintah Republik Indonesia sebesar 52,09%, sedangkan 47,91% sisanya dikuasai oleh publik. Saham Telkom diperdagangkan di Bursa Efek Indonesia (BEI) dengan kode “TLKM” dan New York Stock Exchange (NYSE) dengan kode “TLK” (Telkom Indonesia, 2020).

Sepanjang tahun 2020, saham-saham dengan kapitalisasi besar tercatat menjadi pemberat pergerakan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) yang melemah 5,09% sejak awal tahun (*year-to-date/ytd*) ke level Rp 5.979,07. Salah satu saham pemberat (*laggard*) adalah PT Telkom Indonesia Tbk (TLKM) yang turun 16,6% *ytd* ke level Rp 3.310. Dengan demikian, peramalan pergerakan saham menjadi sebuah kebutuhan yang tidak bisa diabaikan dalam berinvestasi saham khususnya dalam memutuskan penanaman modal pada saham TLKM untuk mengurangi kemungkinan kerugian dalam berinvestasi (Dewi, 2020).

Dalam beberapa dekade terakhir, terdapat banyak penelitian mengenai peramalan deret waktu yang dapat digunakan untuk meramalkan harga saham. Diantaranya adalah metode *Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA)*, *Weighted Markov Chain*, *Double Exponensial Smoothing*, *Fuzzy Time Series (FTS)*, *Fuzzy Time Series Markov Chain (FTSMC)*, dan lain-lain. Dalam peramalan saham, diperlukan metode yang tepat serta memiliki tingkat kesalahan yang rendah diperlukan sebagai dasar untuk investor membuat sebuah keputusan. (Hadinagara & Noeryanti, 2019)

Metode fuzzy time series pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom (1993) yang menerapkan konsep logika fuzzy untuk mengembangkan dasar dari fuzzy time series dengan menggunakan metode *time invariant* dan *time variant* yang digunakan untuk meramalan jumlah pendaftar di suatu Universitas. Kelebihan utama dari metode fuzzy time series yaitu kemampuan untuk bekerja dengan baik pada kumpulan data yang sangat sedikit dan tidak ada syarat untuk asumsi linieritas. (Safitri et al., 2018)

Model fuzzy time series yang diusulkan oleh Song dan Chissom kemudian dikembangkan oleh Tsaur (2012) dengan memperkenalkan fuzzy time series Markov chain pada penelitiannya dalam prediksi nilai tukar mata uang Taiwan dengan dolar US. Dalam penelitiannya, Tsaur menggabungkan model fuzzy time series dengan Markov chain yang bertujuan untuk memperoleh peluang terbesar menggunakan matriks peluang transisi Markov. Proses rantai Markov yang digunakan Tsaur sangat cocok dikombinasikan dengan fuzzy time series dalam peramalan saham karena kejadian di masa datang bergantung pada kejadian kemarin. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode fuzzy time series Markov chain memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode fuzzy time series klasik.

Dalam penelitian Faldo (2019) mengenai peramalan harga emas, metode FTSMC memiliki akurasi yang sedikit lebih baik dibandingkan dengan metode ARIMA. Kafi et al. (2019) yang meneliti mengenai peramalan harga saham perusahaan X memperoleh hasil bahwa metode FTSMC memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan *Weighted Markov Chain*. Jadmiko (2018) yang meneliti mengenai peramalan harga saham ISSI memperoleh hasil yang

serupa di mana metode FTSMC memiliki nilai akurasi lebih baik dibandingkan dengan metode FTS klasik. Dari sejumlah penelitian ini terlihat metode FTSMC relatif lebih baik dibandingkan dengan metode lain yang disebutkan sebelumnya.

Berdasarkan kaitan pentingnya peramalan dalam berinvestasi saham dan paparan di atas, maka dalam penelitian ini dibahas mengenai peramalan harga saham PT Telkom Indonesia dengan metode fuzzy time series Markov chain. Kemudian metode tersebut diimplementasikan ke dalam sebuah program dengan bahasa pemrograman R. Rangkaian pembahasan tersebut diuraikan dalam penelitian ini dengan judul “Peramalan Harga Saham PT Telkom Indonesia Tbk. Menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain*”.

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan peramalan satu langkah harga saham PT Telkom Indonesia (Persero) Tbk. dengan menggunakan metode fuzzy time series Markov chain.
2. Menghitung ukuran ketepatan model fuzzy time series Markov dalam peramalan harga saham PT Telkom Indonesia (Persero) Tbk.
3. Membuat program fuzzy time series Markov dengan menggunakan bahasa pemrograman R.

## 1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah harga saham penutupan PT Telkom Indonesia (Persero) Tbk periode 31 Juli 2020 sampai 31 Maret 2021.
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah fuzzy time series Markov chain.

#### 1.4 **Manfaat**

Ada beberapa manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian mengenai model fuzzy time series Markov chain ini, antara lain:

1. Menambah dan memperkaya pengetahuan bagi pembaca tentang pengembangan dan aplikasi metode fuzzy time series-Markov chain dalam peramalan harga saham PT Telkom Indonesia (Persero) Tbk.
2. Memberikan informasi yang berguna bagi pemerintah dan para pelaku pasar/investor mengenai prediksi harga saham TLKM milik PT Telkom Indonesia (Persero) Tbk terkait dalam mengantisipasi atau mengambil suatu tindakan bisnis berdasarkan hasil peramalan yang diperoleh.
3. Memberikan sebuah program untuk meramalkan harga saham dengan metode fuzzy time series Markov chain.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Saham**

##### **2.1.1 Pengertian Saham**

Saham (*stock*) adalah salah satu instrumen pasar modal yang banyak dipilih oleh para investor karena mampu menawarkan tingkat keuntungan yang cukup menarik. Saham didefinisikan sebagai bukti penyertaan modal seseorang atau badan usaha dalam suatu perusahaan atau perseroan terbatas. Dengan demikian, pihak penyerta modal tersebut memiliki hak klaim pada pendapatan pada perusahaan, klaim pada asset perusahaan, serta memiliki hak untuk hadir dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) (BEI, 2018).

##### **2.1.2 Jenis-Jenis Saham**

Menurut Darmadji dan Fakhrudin (2012), saham dapat dibedakan menjadi:

1. Ditinjau dari kemampuan dalam hak tagih atau klaim, maka saham terbagi menjadi:
  - a. Saham biasa (*common stock*), yaitu saham yang menempatkan pemiliknya paling junior terhadap pembagian dividen, dan hak atas harta kekayaan perusahaan apabila perusahaan tersebut dilikuidasi.
  - b. Saham preferen (*preferred stock*), merupakan saham yang memiliki karakteristik gabungan antara obligasi dan saham biasa, saham jenis ini bisa menghasilkan pendapatan tetap (seperti bunga obligasi), tetapi juga bisa tidak mendatangkan hasil seperti ini bila dikehendaki oleh investor.
2. Dilihat dari cara pemeliharaannya, saham dikategorikan menjadi:
  - a. Saham atas unjuk (*bearer stock*) adalah saham yang tidak tertulis nama pemiliknya, sehingga mudah dipindahtangankan dari satu investor ke investor lainnya.
  - b. Saham atas nama (*registered stock*), adalah saham yang ditulis dengan jelas nama pemiliknya, dan cara peralihannya harus melalui prosedur tertentu.

3. Ditinjau dari kinerja perdagangannya, saham dapat dibedakan menjadi:
  - a. Saham unggulan (*blue-chip stock*), yaitu saham dari suatu perusahaan yang memiliki reputasi tinggi di antara industri sejenis, memiliki pendapatan yang relatif stabil dan konsisten dalam membayar dividen.
  - b. Saham pendapatan (*income stock*), yaitu saham dari suatu emiten yang memiliki kemampuan membayar dividen lebih tinggi dari rata-rata dividen yang dibayarkan pada tahun sebelumnya.
  - c. Saham pertumbuhan (*growth stock-well known*), yaitu saham dari emiten yang memiliki pertumbuhan pendapatan yang relatif tinggi.
  - d. Saham spekulatif (*speculative stock*), adalah saham suatu perusahaan yang tidak dapat dengan konsisten memperoleh penghasilan yang tinggi di masa mendatang, walaupun itu belum pasti.
  - e. Saham siklikal (*counter cyclical stock*), adalah saham yang tidak terpengaruh oleh kondisi ekonomi makro maupun situasi bisnis secara menyeluruh.

## **2.2 Harga Saham**

### **2.2.1 Pengertian Harga Saham**

Harga saham merupakan harga penutupan pasar saham selama satu periode sesuai permintaan dan penawaran saham di pasar modal. Sartono (2010) menyatakan bahwa harga saham terbentuk melalui permintaan dan penawaran di pasar modal. Layaknya hukum ekonomi, apabila suatu saham terjadi kelebihan pada permintaan, maka harga saham akan cenderung naik. Sebaliknya, apabila terjadi kelebihan penawaran maka harga saham akan cenderung turun.

Brigham dan Houston (2011) mendefinisikan harga saham sebagai harga yang menjadi penentu kekayaan pemegang saham. Banyaknya kekayaan pemegang saham diartikan menjadi penentu harga saham suatu perusahaan. Harga saham pada suatu tertentu bergantung pada arus kas yang diharapkan akan diterima di masa depan oleh investor jika investor membeli saham perusahaan tersebut.

### 2.2.2 Jenis-Jenis Harga Saham

Menurut Widoatmojo (2012) jenis-jenis harga saham dapat dibedakan menjadi:

1. *Harga Nominal*, yaitu harga yang tercantum dalam sertifikat saham yang ditetapkan oleh emiten untuk menilai setiap lembar saham yang dikeluarkan.
2. *Harga Perdana*, merupakan harga pada saat harga saham tersebut dicatat di bursa efek. Harga saham di pasar perdana umumnya ditetapkan oleh penjamin emisi dan emiten.
3. *Harga Pasar*, yaitu harga jual dari investor dengan investor lain. Harga ini terjadi setelah saham tersebut ditetapkan di bursa. Harga ini adalah harga yang benar-benar mewakili harga perusahaan penerbit.
4. *Harga Pembukaan*, adalah harga yang diminta oleh penjual atau pembeli pada saat jam bursa dibuka. Bisa saja terjadi pada saat dimulainya hari bursa itu terdapat terjadi transaksi pada satu saham dan harga sesuai dengan permintaan oleh penjual dan pembeli. Pada keadaan tersebut, harga pembukaan bisa menjadi harga pasar, begitu juga sebaliknya.
5. *Harga Penutupan*, ialah harga yang telah diminta oleh penjual maupun pembeli saat akhir hari bursa. Pada saat di akhir hari bursa, bisa saja terjadi transaksi pada suatu saham secara tiba-tiba, yang disebabkan oleh adanya kesepakatan antara penjual dan pembeli. Apabila hal ini terjadi maka harga penutupan tadi berubah menjadi harga pasar. Meskipun demikian, harga ini tetap menjadi harga penutupan pada hari bursa tersebut.
6. *Harga Tertinggi*, adalah harga paling tinggi yang terjadi pada hari bursa. Harga ini dapat terjadi transaksi pada suatu saham lebih dari satu kali dan tidak pada harga yang sama.
7. *Harga Terendah*, adalah harga paling rendah yang terjadi pada hari bursa. Harga ini terjadi jika terjadi transaksi dalam suatu saham lebih dari satu kali dan tidak pada harga yang sama.
8. *Harga Rata-Rata*, adalah harga saham dari perataan harga tertinggi dan terendah.

### 2.3 Peramalan Saham

Peramalan atau *forecasting* adalah kegiatan memprediksikan beberapa peristiwa yang akan datang. Menurut Bohr dalam Montgomery, et al.(2015), peramalan merupakan masalah penting yang mencakup banyak bidang termasuk ekonomi, ilmu lingkungan, medis, ilmu sosial, politik, bisnis, industri, pemerintahan, maupun keuangan.

Peramalan saham adalah kegiatan memprediksikan pergerakan harga saham di periode yang akan datang berdasarkan harga saham periode sebelumnya. Peramalan saham secara umum dilakukan untuk mengurangi risiko saat berinvestasi pada satu atau beberapa saham tertentu.

Terdapat beberapa metode yang umum digunakan dalam peramalan saham, antara lain:

1. Metode *Fuzzy Time Series* (FTS)
2. Metode *Auto Regressive Integrated Moving Average* (ARIMA)
3. *Weighted Markov Chain*
4. *Double Exponensial Smoothing*
5. *Fuzzy Time Series Markov Chain* (FTSMC)
6. dan lain-lain.

### 2.4 Logika Fuzzy

Ide himpunan fuzzy (*fuzzy set*) diawali dari matematika dan sistem teori dari Zadeh (1965). Jika diterjemahkan, “fuzzy” memiliki arti tidak jelas, buram, atau tidak pasti. Himpunan fuzzy adalah cabang dari matematika yang tertua, yang mempelajari proses bilangan acak: teori peluang, statistika matematika, teori informatika dan lainnya. Penyelesaian masalah dengan himpunan fuzzy lebih mudah daripada dengan menggunakan teori peluang (konsep pengukuran). (Tsaur, 2012)

### 2.5 Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan himpunan yang digunakan untuk mengantisipasi kelemahan dari himpunan *crisp*. Pada konsep himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu benda  $x$  pada satu himpunan  $A$ , yang sering ditulis

dengan  $\mu_A(x)$ , dan hanya mempunyai dua kemungkinan, yaitu satu (1) yang berarti bahwa benda  $x$  merupakan anggota dalam suatu himpunan, atau nol (0), yang berarti bahwa benda  $x$  bukan merupakan anggota dalam suatu himpunan. Sedangkan pada himpunan fuzzy, nilai keanggotaannya terletak pada interval 0 sampai dengan 1. Apabila barang  $x$  memiliki nilai keanggotaan fuzzy  $\mu_A[x] = 0$  maka benda  $x$  bukan anggota himpunan  $A$ , dan sebaliknya apabila benda  $x$  memiliki nilai keanggotaan fuzzy  $\mu_A[x] = 1$  berarti anggota penuh pada himpunan  $A$  (Sigh, 2007).

Untuk memahami sistem fuzzy, terdapat hal-hal penting yang wajib diketahui, antarlain (Kusumadewi dan Purnomo, 2004), antara lain:

1. Peubah fuzzy

Peubah fuzzy adalah peubah yang dibahas pada suatu sistem fuzzy. Contoh peubah fuzzy adalah suhu, nilai IPK, umur dan sebagainya.

2. Himpunan fuzzy

Himpunan fuzzy yaitu suatu grup yang mewakili sebuah kondisi tertentu pada satu peubah fuzzy. Himpunan fuzzy memiliki dua kategori, antara lain:

- a. Linguistik yaitu sebuah grup yang mewakili satu keadaan atau kondisi dengan menggunakan bahasa umum, seperti: rendah, sedang, normal dan tinggi.
- b. Numerik adalah nilai atau angka yang menandakan ukuran dari suatu peubah seperti: 23, 25, 41 dan bilangan lainnya.

3. Himpunan semesta atau semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan yaitu semua nilai yang bisa dioperasikan pada suatu peubah fuzzy. Nilai semesta pembicaraan bisa berupa bilangan positif ataupun negatif. Contohnya semesta pembicaraan untuk peubah tinggi misalnya adalah  $[0, 100]$ .

4. Domain himpunan fuzzy

Domain himpunan fuzzy merupakan semua himpunan nilai yang diperbolehkan pada semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam satu himpunan fuzzy. Domain yaitu himpunan bilangan real yang selalu naik secara konstan dari kiri ke kanan. Nilai domain bisa

berupa bilangan positif maupun negatif. Misalnya seperti, PENDEK = [0,70], SEDANG = [70,160] dan TINGGI = [160,∞].

## 2.6 Fungsi Keanggotaan

Menurut Deng dan Deng (2021), fungsi keanggotaan (*membership function*) yaitu satu kurva yang memperlihatkan pemetaan kumpulan titik data masukan ke dalam nilai atau derajat keanggotaan yang mempunyai interval di antara 0 sampai dengan 1.

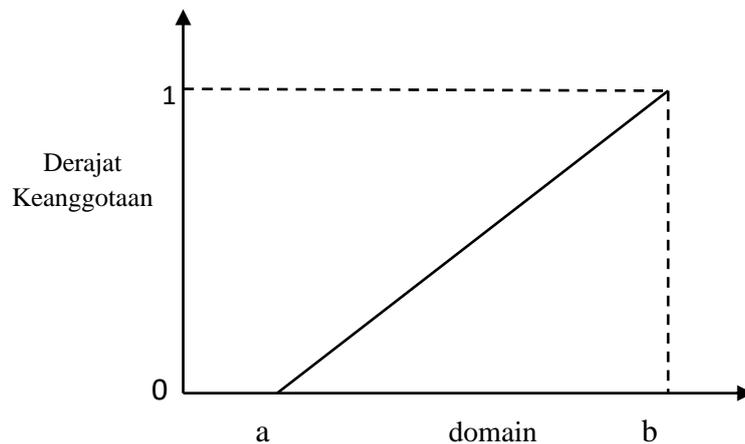
Untuk memperoleh nilai keanggotaan, dapat digunakan pendekatan fungsi keanggotaan. Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004) fungsi keanggotaan dibedakan menjadi:

### 1. Representasi Linear

Pada representasi linear, nilai keanggotaan digambarkan sebagai suatu garis lurus. Representasi linear terbagi menjadi dua, yaitu:

#### a. Linear Naik

Representasi ini dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju nilai domain dengan derajat keanggotaan yang lebih tinggi. Representasi linear naik diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Linear Naik

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = f(x) \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

dengan:

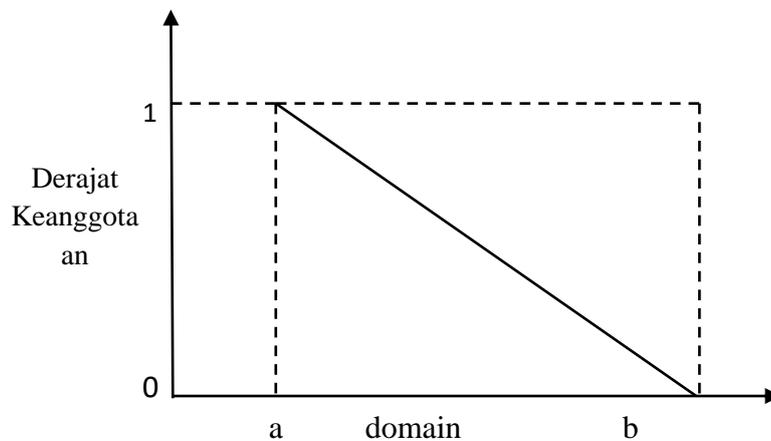
$a$  = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

$b$  = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

$x$  = nilai input yang akan dirubah ke dalam bilangan fuzzy

b. Representasi Linear Turun

Representasi ini dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi satu [1] bergerak ke kanan menuju nilai domain dengan derajat keanggotaan yang lebih rendah. Representasi linear turun diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Linear Turun

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = f(x) \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

dengan:

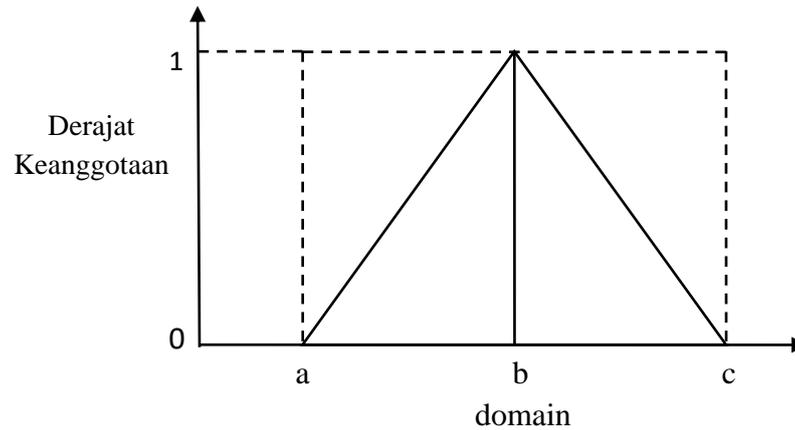
$a$  = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

$b$  = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

$x$  = nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan fuzzy

2. Representasi Kurva Segitiga

Representasi ini adalah gabungan antara representasi linear naik dan turun. Representasi kurva segitiga diperlihatkan pada Gambar 3:



**Gambar 3. Kurva Segitiga**

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = f(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (3)$$

dengan:

$a$  = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

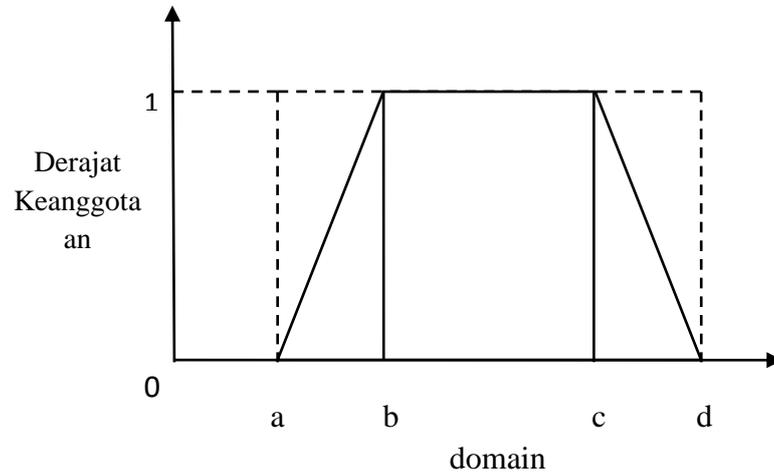
$b$  = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

$c$  = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

$x$  = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan fuzzy

### 3. Representasi Kurva Trapesium

Representasi ini pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja terdapat beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Representasi kurva trapesium diperlihatkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = f(x) \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ d \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ c \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (4)$$

### 2.7 Proses Stokastik

Menurut Gross dan Harris (2008), proses stokastik merupakan himpunan peubah acak  $\{X_t, t \in T\}$ . Semua kemungkinan nilai yang dapat terjadi pada peubah acak  $X_t$  disebut ruang keadaan (*state space*). Satu nilai  $t$  pada  $T$  disebut indeks atau parameter waktu.

**Definisi 1.** Proses stokastik  $X_t, t \in T$  adalah suatu himpunan peubah acak, di mana  $X_t$  adalah status dari proses pada waktu  $t$ . Parameter pada proses stokastik dibedakan menjadi dua jenis. Jika himpunan indeks  $T$  terhitung maka  $\{X_t, t \in T\}$  disebut proses stokastik waktu diskrit, apabila himpunan  $T$  kontinu atau tak terhitung maka  $\{X_t, t \in T\}$  disebut proses stokastik waktu kontinu.

## 2.8 Rantai Markov (Markov Chain)

Model rantai Markov pertama kali diperkenalkan oleh Andrey Andreevich Markov pada tahun 1906. Akan tetapi, Markov hanya memperkenalkan model rantai Markov berupa teori dasarnya saja. Kemudian pada tahun 1936, Kolmogorov membuat generalisasi pada ruang keadaan yang terhingga dan terbatas. Rantai Markov (*Markov chain*) merupakan sebuah teknik yang umumnya dipakai pada melakukan pemodelan berbagai keadaan atau kondisi. Teknik ini dipakai untuk membantu pada perkiraan perubahan yang mungkin terjadi di masa mendatang. Semua perubahan yang mungkin terjadi tersebut diwakili dalam variabel-variabel dinamis di waktu-waktu tertentu. Sehingga menyimpan nilai dari variabel keadaan pada tiap-tiap waktu tertentu adalah sebuah hal yang perlu dilakukan.

**Definisi 2.** Dalam proses stokastik  $\{X_t, t \in T\}$ , baik parameter diskrit  $\{X_t, t = 0, 1, 2 \dots T\}$  maupun parameter kontinu  $\{X(t), t \geq 0\}$  dapat disebut proses Markov jika pada beberapa himpunan dari titik waktu  $n \{t_1 < t_2 < \dots < t_n\}$  dalam himpunan indeks proses, sebaran bersyarat dari  $X_{t_n}$  dengan diberikan nilai  $X_{t_1}, X_{t_2}, \dots, X_{t_{n-1}}$  hanya bergantung pada nilai  $X_{t_{n-1}}$  yang diketahui terbaru, yaitu beberapa angka real  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

$$P[X_{t_1} \leq x_n | X_{t_1} = x_1, X_{t_2} = x_2, \dots, X_{t_{n-1}} = x_{n-1}] = P[X_{t_1} \leq x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}] \quad (5)$$

## 2.9 Fuzzy Time Series

Istilah fuzzy time series pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom (1993). Metode fuzzy time series tidak membutuhkan bermacam-macam asumsi teoritis yang diperlukan pada metode analisis deret waktu pada umumnya. Kelebihan utama dari metode fuzzy time series yaitu kemampuan untuk bekerja dengan baik pada kumpulan data yang sangat sedikit dan tidak ada syarat untuk asumsi linieritas. Definisi dasar fuzzy time series dapat disederhanakan menjadi sebagai berikut:

**Definisi 3.** Andaikan  $U$  adalah himpunan semesta.  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  maka suatu himpunan fuzzy  $A$  dari  $U$  didefinisikan sebagai berikut:

$$A = \frac{A(u_1)}{u_1} + \frac{A(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{A(u_n)}{u_n} \quad (6)$$

Di mana  $\mu_A$  merupakan fungsi keanggotaan himpunan fuzzy  $A$ , sehingga  $\mu_A: U \rightarrow [0,1]$  dan  $\mu_A(u_i)$  menunjukkan derajat keanggotaan  $u_i$  terhadap himpunan fuzzy  $A$ .

**Definisi 4.** Misalkan  $X(t)$  ( $t = 0, 1, 2, \dots, n$ ) semesta pembicaraan dan bagian dari bilangan real  $\mathbb{R}$ , dengan himpunan fuzzy  $f_i(t)$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) terdefinisi pada  $X(t)$ . Misalkan  $F(t)$  berupa kumpulan himpunan  $f_i(t)$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), maka  $F(t)$  disebut fuzzy time series dari  $X(t)$  ( $t = 0, 1, 2, \dots, n$ ).

**Definisi 5.** Jika  $F(t)$  hanya disebabkan oleh  $F(t - 1)$ , hubungan antara  $F(t)$  dengan  $F(t - 1)$  dapat dinyatakan sebagai  $F(t - 1) \rightarrow F(t)$ .

**Definisi 6.** Jika  $F(t) = A_i$  dan  $F(t - 1) = A_j$  maka hubungan antara  $F(t)$  dan  $F(t - 1)$  disebut sebagai *fuzzy logical relationship* (FLR). Hubungan ini dinyatakan dengan  $A_i \rightarrow A_j$ , di mana  $A_i$  disebut *left-hand side* (LHS) dan  $A_j$  disebut *right-hand side* (RHS) dari FLR. Karena dua FLR mempunyai himpunan fuzzy yang sama (LHS  $A_i \rightarrow A_{j1}, A_i \rightarrow A_{j2}$ ), maka dapat dikelompokkan kedalam *fuzzy logical relationship group* (FLRG)  $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}$ .

## 2.10 Fuzzy Time Series Markov Chain

Model fuzzy time series yang diusulkan oleh Song dan Chissom kemudian dikembangkan oleh Tsaur (2012) dengan memperkenalkan fuzzy time series Markov chain pada penelitiannya dalam prediksi nilai tukar mata uang Taiwan dengan dolar US. Dalam penelitiannya, Tsaur menggabungkan model fuzzy time series dengan Markov chain yang bertujuan untuk memperoleh peluang terbesar menggunakan matriks peluang transisi Markov. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode fuzzy time series Markov chain memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode fuzzy time series klasik.

Menurut Tsaur (2012), prosedur peramalan fuzzy time series Markov chain (FTSMC) didefinisikan pada langkah-langkah berikut:

1. Mengumpulkan data historis.
2. Mendefinisikan himpunan semesta pembicaraan  $U$ .

Pada tahap ini, dicari nilai minimum ( $D_{min}$ ) dan maksimum ( $D_{max}$ ) dari data historis. Kemudian dilakukan penentuan nilai  $D_1$  dan  $D_2$ , di mana nilai tersebut

ditentukan secara bebas oleh peneliti selama masih bernilai bilangan real positif. Nilai  $D_1$  dan  $D_2$  bertujuan untuk mempermudah pembentukan interval.

Rumus himpunan semesta pembicaraan yaitu:

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} - D_2] \quad (7)$$

Di mana,  $D_{min}$  : nilai minimum

$D_{max}$  : nilai maksimum

$D_1$  dan  $D_2$  adalah nilai bilangan positif yang sesuai.

### 3. Menentukan jumlah dan panjang interval.

Pada tahap ini, dilakukan partisi semesta pembicaraan  $U$  menjadi beberapa bagian dengan interval yang sama dengan rumus sebagai berikut (Mahmudah, 2020):

$$n = 1 + 3,222 \log N \quad (8)$$

Di mana  $N$  adalah banyaknya data historis dan  $n$  adalah banyaknya interval.

Selanjutnya dilakukan penghitungan panjang interval. Berikut adalah rumus panjang interval ( $l$ ).

$$l = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{n} \quad (9)$$

Masing-masing interval dapat dihitung dengan:

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

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

(10)

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

### 4. Mendefinisikan himpunan fuzzy pada semesta pembicaraan $U$ .

Dalam penerapannya, himpunan fuzzy  $A_i$  menyatakan peubah linguistik dari harga saham dengan  $1 \leq i \leq n$ . Menurut Boaisa dan Amaitik (2010), seluruh himpunan fuzzy ditentukan berdasarkan persamaan (6) di mana  $A_1, A_2, \dots, A_n$  didefinisikan sebagai berikut:

$$A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_n}$$

$$A_2 = \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_n} \quad (11)$$

$$A_n = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \dots + \frac{0.5}{u_4} + \frac{1}{u_n}$$

Persamaan untuk menentukan derajat keanggotaan  $u_i$  adalah sebagai berikut:

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{ij}{u_{ij}} \quad (12)$$

Dengan  $ij$  adalah derajat keanggotaan  $u_{ij}$  dari  $A_i$  yang ditentukan sebagai berikut:

$$ij = \{1; \quad i = j \ 0,5; \quad j = i - 1 \text{ atau } j = i + 1 \ 0; \quad \text{lainnya} \quad (13)$$

#### 5. Fuzzifikasi data historis

Fuzzifikasi yaitu proses identifikasi data ke dalam himpunan fuzzy. Jika sebuah data historis yang telah dikumpulkan termasuk ke dalam interval  $u_i$ , maka data tersebut difuzzifikasi ke dalam  $A_i$ .

#### 6. Menentukan *fuzzy logical relation* (FLR) dan *fuzzy logical relation group* (FLRG).

Hubungan atau *relationship* diidentifikasi berdasarkan suatu nilai fuzzifikasi dari data historis, seperti contoh berikut:

$$\begin{array}{ll} LHS & RHS \\ F(t-1) & F(t) \\ A_j \rightarrow & A_q \\ A_q \rightarrow & A_r \end{array}$$

Jika diperoleh FLR " $A_j \rightarrow A_q$ ", artinya "jika data yang sudah difuzzifikasi pada periode  $t - 1$  adalah  $A_j$ , maka fuzzifikasi data pada periode ke- $t$  yaitu  $A_q$ ". Selanjutnya, FLRG ditentukan dengan menggabungkan hasil RHS yang

mempunyai LHS. Berdasarkan contoh sebelumnya, maka bisa didapatkan FLRG sebagai berikut:

$$A_j \rightarrow A_q, A_r$$

$$A_h \rightarrow A_s$$

## 7. Membuat matriks peluang transisi Markov

FLRG yang telah diperoleh pada langkah sebelumnya, kemudian digunakan untuk menemukan peluang dari satu *state* menuju *state* berikutnya. Dari peluang-peluang tersebut lalu dibuat ke dalam matriks transisi peluang Markov dengan dimensi matriks transisi  $n \times n$ . Jika *state*  $A_i$  bertransisi ke *state*  $A_j$  dan melewati *state* lainnya  $A_k$ ,  $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ , maka FLRG dapat diperoleh.

Rumus peluang transisi adalah sebagai berikut:

$$P_{ij} = \frac{(M_{ij})}{M_i}, \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (14)$$

Di mana,  $P_{ij}$  = peluang transisi dari  $A_i$  ke  $A_j$  dengan satu langkah.

$M_{ij}$  = waktu transisi dari *state*  $A_i$  ke  $A_j$  dengan satu langkah.

$M_i$  = jumlah data yang dimiliki oleh *state*  $A_i$ .

Matriks peluang transisi R dari *state* bisa ditulis sebagai:

$$R = [P_{11} \ P_{12} \ \dots \ P_{1n} \ P_{21} \ P_{22} \ \dots \ P_{2n} \ \vdots \ \vdots \ \vdots \ P_{n1} \ P_{n2} \ \dots \ P_{nn}] \quad (15)$$

## 8. Menghitung hasil peramalan

Matriks R merefleksikan transisi dari seluruh sistem tersebut. Jika  $F(t - 1) = A_i$ , maka proses akan didefinisikan pada *state*  $A_i$  pada saat  $(t - 1)$ , maka hasil peramalan  $F(t)$  akan dihitung dengan menggunakan baris  $[P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{in}]$  pada matriks R. Hasil peramalan  $F(t)$  adalah nilai rata-rata terbobot dari  $m_1, m_2, \dots, m_n$  (nilai tengah atau *midpoint* dari  $u_1, u_2, \dots, u_n$ ). Nilai hasil *output* peramalan pada  $F(t)$  dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa aturan berikut:

Aturan 1: Jika *fuzzy logical relation group* (FLRG) dari  $A_i$  adalah satu-satu (*one to one*) yaitu  $A_i \rightarrow A_k$ , dengan  $P_{ik}$  dan  $P_{ij} = 0, j \neq k$  maka peramalan dari  $F(t)$  adalah  $m_k$ , nilai tengah dari  $m_k$ .

$$F(t) = m_k \ P_{ik} = m_k \quad (16)$$

Aturan 2: Jika *fuzzy logical relation group* (FLRG) dari  $A_i$  adalah satu ke banyak (*one to many*) yaitu ( $A_i \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n$ ) ketika data historis  $Y(t - 1)$  pada waktu  $t_1$  berada pada *state*  $A_j$  maka peramalan  $F(t)$  sama seperti:

$$F(t) = m_1 P_{j1} + m_2 P_{j2} + \dots + m_{j-1} P_{j(j-1)} + Y(t-1) P_{jj} + m_{j+1} P_{j(j+1)} + \dots + m_n P_n \quad (17)$$

## 9. Menghitung nilai penyesuaian pada peramalan (*Adjusted Value*)

Tujuan dari tahap ini adalah memperbaiki galat peramalan yang disebabkan oleh matriks rantai Markov yang bias. Bias pada matriks ini biasanya disebabkan oleh ukuran sampel yang lebih kecil ketika memodelkan fuzzy time series Markov chain. Oleh karena itu, berikut prinsip-prinsip dalam menghitung nilai penyesuaian ( $D_t$ ) pada peramalan:

Aturan 1: Jika state  $A_i$  berhubungan dengan  $A_j$ , dimulai dari state  $A_i$  pada waktu  $t-1$  dinyatakan sebagai  $F(t-1) = A_i$ , dan mengalami transisi naik (*increasing transition*) menuju ke state  $A_j$  pada waktu  $t$  di mana ( $i < j$ ) maka nilai penyesuaiannya adalah:

$$D_{t1} = \left(\frac{l}{2}\right) \quad (18)$$

Aturan 2: Jika state  $A_i$  berhubungan dengan  $A_j$ , dimulai dari state  $A_i$  pada waktu  $t-1$  dinyatakan sebagai  $F(t-1) = A_i$ , dan mengalami transisi turun (*decreasing transition*) menuju ke state  $A_j$  pada waktu  $t$  di mana ( $i > j$ ) maka nilai penyesuaiannya adalah:

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right) \quad (19)$$

Aturan 3: Jika state  $A_i$  berhubungan dengan  $A_j$ , dimulai dari state  $A_i$  pada waktu  $t-1$  dinyatakan sebagai  $F(t-1) = A_i$ , dan mengalami transisi lompatan kedepan (*jump forward transition*) menuju ke state  $A_{i+s}$  pada waktu  $t$  di mana ( $1 \leq s \leq n-i$ ) maka nilai penyesuaiannya adalah:

$$D_{t1} = \left(\frac{l}{2}\right)s, \quad 1 \leq s \leq n-i \quad (20)$$

Di mana  $s$  adalah banyaknya lompatan ke depan.

Aturan 4: Jika state  $A_i$  berhubungan dengan  $A_j$ , dimulai dari state  $A_i$  pada waktu  $t-1$  dinyatakan sebagai  $F(t-1) = A_i$ , dan mengalami transisi lompatan ke belakang (*jump-backward transition*) menuju ke state  $A_{i-v}$  pada waktu  $t$  di mana ( $1 \leq v < i$ ) maka nilai penyesuaiannya adalah:

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right)v, \quad 1 \leq v \leq i \quad (21)$$

Di mana  $v$  adalah banyaknya lompatan ke belakang.

## 10. Menentukan nilai peramalan yang disesuaikan (*Adjusted Forecasting Value*).

- a. Jika FLRG dari  $A_i$  adalah satu ke banyak (*one to many*), dan state  $A_{i+1}$  didapat dari state  $A_i$  di mana state  $A_i$  berhubungan dengan  $A_i$ , maka rumus peramalannya sebagai berikut:

$$F'(t) = F(t) + D_{t1} + D_{t2} = F(t) + l \quad (22)$$

Di mana,  $F'(t)$  = nilai peramalan akhir periode  $t$

$F(t)$  = nilai peramalan awal periode  $t$

$D_t$  = nilai penyesuaian

- b. Jika FLRG dari  $A_i$  adalah satu ke banyak (*one to many*), dan state  $A_{i+1}$  didapat dari state  $A_i$  di mana state  $A_i$  tidak berhubungan dengan  $A_i$ , maka rumus peramalannya sebagai berikut:

$$F'(t) = F(t) + D_{t2} = F(t) + \left(\frac{l}{2}\right) \quad (23)$$

- c. Jika FLRG dari  $A_i$  adalah satu ke banyak (*one to many*), dan *state*  $A_{i-2}$  didapat dari *state*  $A_i$  di mana *state*  $A_i$  tidak berhubungan dengan  $A_i$ , maka rumus peramalannya sebagai berikut:

$$F'(t) = F(t) - D_{t2} = F(t) + l \quad (24)$$

- d. Ketika  $v$  adalah *jump step*, maka rumus peramalannya sebagai berikut:

$$F'(t) = F(t) \pm D_{t1} \pm D_{t2} = F(t) \pm \left(\frac{l}{2}\right) \pm \left(\frac{l}{2}\right)v \quad (25)$$

## 11. Menghitung nilai MAPE

*Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) digunakan untuk mengukur keakuratan dari peramalan. Rumusnya sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y(t) - F'(t)|}{Y(t)} \times 100\% \quad (26)$$

Di mana,  
 $Y(t)$  adalah nilai aktual pada periode ke  $t$   
 $F'(t)$  adalah nilai peramalan akhir pada periode  $t$   
 $n$  adalah banyaknya sampel

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Data**

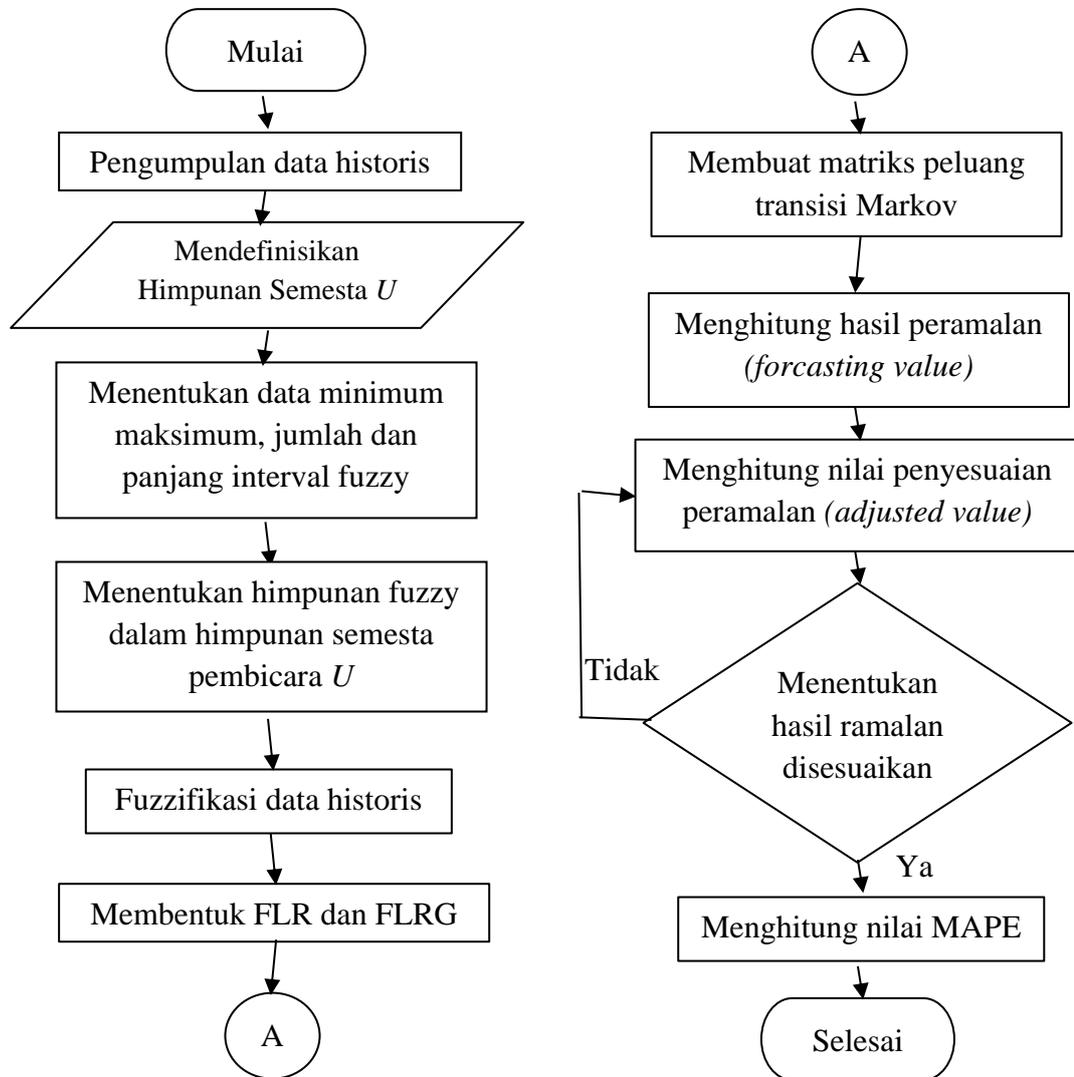
Data yang digunakan pada penelitian ini adalah harga penutupan saham harian TLKM milik PT Telkom Indonesia (Persero) Tbk periode 31 Juli 2020 sampai 31 Maret 2021 yang didapatkan dari situs Yahoo Finance (2021).

#### **3.2 Tahapan Penelitian**

Penjelasan prosedur tahapan atau algoritma dalam menganalisis data penelitian dengan menggunakan fuzzy time series Markov Chain telah diuraikan pada Subbab 2.10. Ringkasan tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

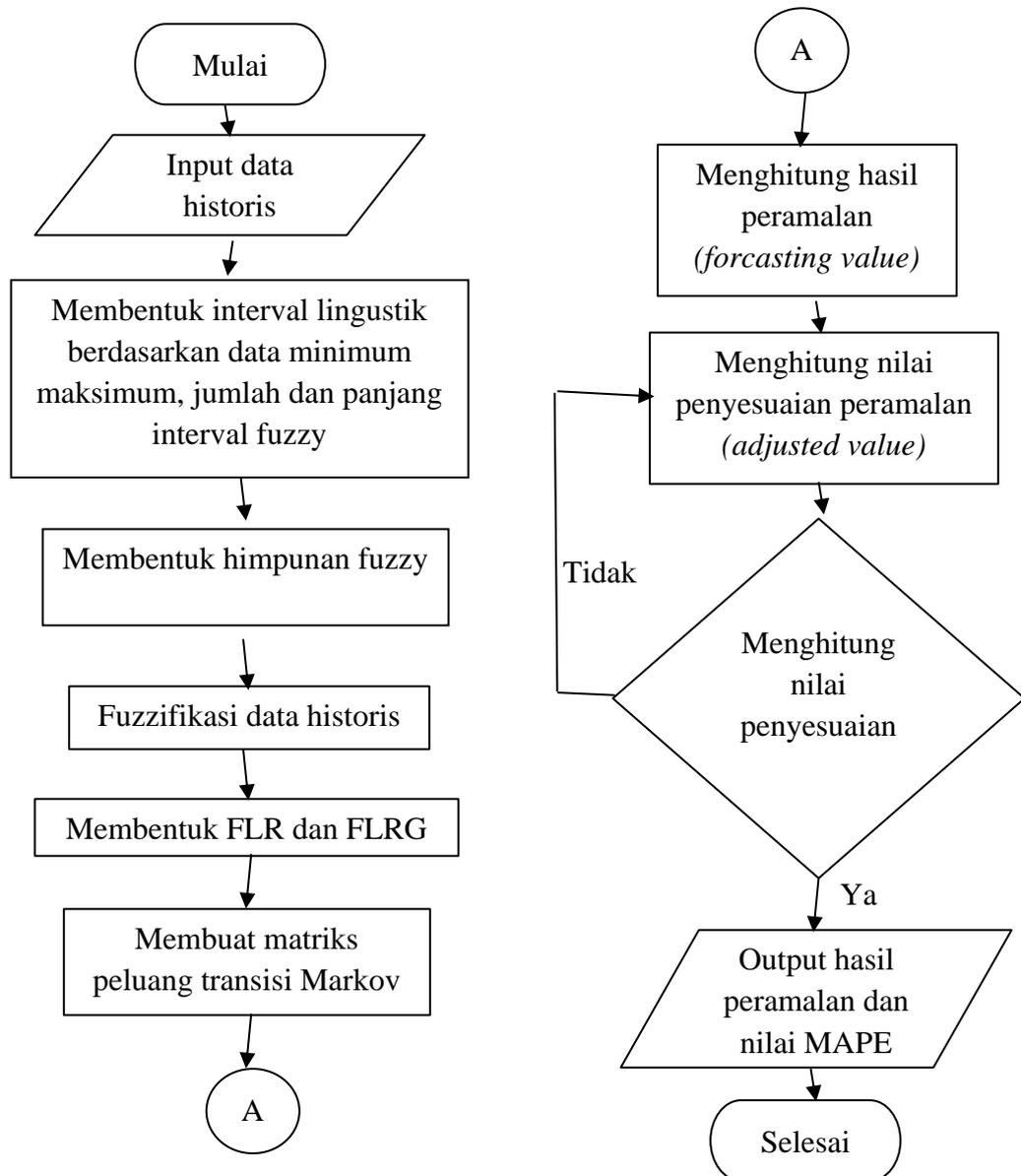
1. Pengumpulan data historis.
2. Mendefinisikan himpunan semesta  $U$
3. Menentukan data minimum, data maksimum, jumlah dan panjang interval fuzzy.
4. Menentukan himpunan fuzzy dalam himpunan semesta pembicara  $U$ .
5. Mem-fuzzifikasikan data historis.
6. Membentuk *fuzzy logical relation* (FLR) dari hasil fuzzifikasi, lalu kemudian FLR ini dikelompokkan menjadi *fuzzy logical relation group* (FLRG).
7. Membuat matriks peluang transisi Markov.
8. Menghitung hasil peramalan (*forecasting value*).
9. Menghitung nilai penyesuaian pada peramalan (*adjusted value*).
10. Menentukan hasil peramalan yang disesuaikan (*adjusted forecasting value*).
11. Menghitung nilai MAPE.

Adapun diagram alir tahapan penelitian tersebut yang ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah ini:



**Gambar 5.** Diagram Alir Tahapan Penelitian

Diagram alir program peramalan dengan metode fuzzy time series Markov chain dengan menggunakan bahasa pemrograman R ditunjukkan pada Gambar 6.



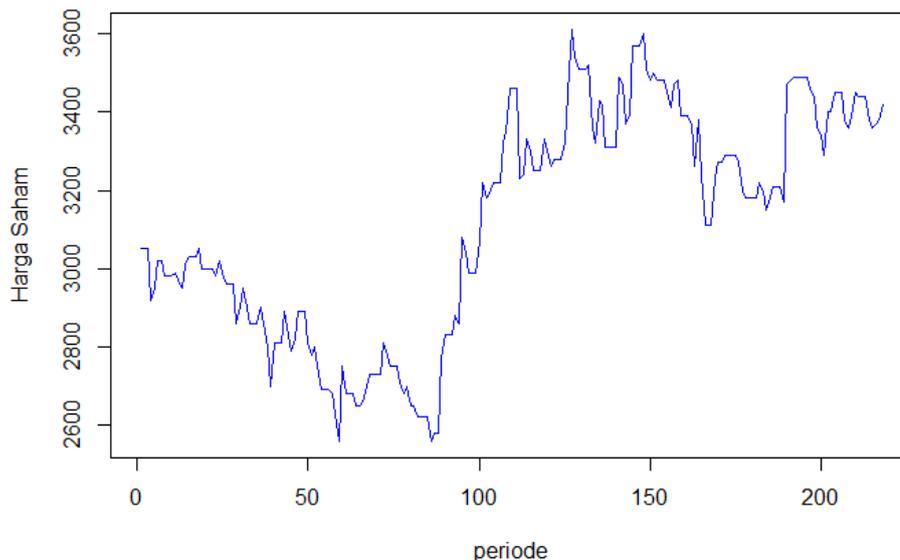
**Gambar 6.** Diagram Alir Program

## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1 Deskripsi Data

Pada penelitian ini metode fuzzy time series Markov chain diterapkan pada data penutupan harga saham harian PT Telkom Indonesia periode 31 Juli 2020 sampai 31 Maret 2021 yang didapatkan dari situs Yahoo Finance (2021). Data yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 1. Grafik harga penutupan harga saham PT Telkom Indonesia periode 31 Juli 2020 sampai 31 Maret 2021 dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



**Gambar 7.** Harga Penutupan Saham TLKM

Gambar 7 memperlihatkan data harga penutupan saham PT Telkom Indonesia Tbk. (TLKM) pada periode 31 Juli 2020 ( $t = 1$ ) sampai dengan 31 Maret 2021 ( $t = 218$ ). Gambar tersebut menunjukkan bahwa harga penutupan saham memiliki perubahan harga saham yang fluktuatif di mana harga mengalami kenaikan dan penurunan yang kurang menentu.

Gambar 7 juga memperlihatkan pada periode tersebut harga penutupan saham maksimum mencapai Rp 3.610,- pada periode  $t = 127$  yaitu pada 16 Desember 2020, sedangkan harga penutupan minimum mencapai Rp 2.560,- pada

periode  $t = 61$  yaitu 30 September 2020. Rataan harga penutupan pada rentang waktu tersebut adalah sebesar Rp 3.118,-.

#### 4.2 Hasil Perhitungan Fuzzy Time Series Markov Chain

Tahapan peramalan dengan metode fuzzy time series Markov chain (FTSMC) yang diusulkan Tsaur (2012) kemudian diterapkan pada data harga penutupan saham PT Telkom Indonesia Tbk. Berikut ini adalah tahapan perhitungan peramalan dengan metode FTSMC:

1. Pendefinisian semesta pembicaraan  $U$ .

Semesta pembicaraan  $U$  ditentukan dengan  $U$  adalah data harga penutupan saham PT Telkom Indonesia Tbk. pada periode 31 Juli 2020 sampai dengan 31 Maret 2021 seperti yang disajikan pada Gambar 7 dan Lampiran 1. Dari data tersebut didapatkan nilai minimum ( $D_{min} = 2.560$ ) dan nilai maksimum ( $D_{max} = 3610$ ).

Berdasarkan  $D_{min}$  dan  $D_{max}$  maka dapat ditentukan nilai  $D_1$  dan  $D_2$  yang merupakan bilangan positif yang sesuai dan bebas ditentukan oleh peneliti seperti yang dilakukan oleh Tsaur (2012) dalam penelitiannya. Nilai yang digunakan pada penelitian ini adalah  $D_1 = 10$  dan  $D_2 = 40$ . Sehingga semesta pembicaraan  $U$  dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}U &= [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \\ &= [2.560 - 10, 3.610 + 40] \\ &= [2.550, 3.650]\end{aligned}$$

Diperoleh bahwa semesta pembicaraan  $U$  memiliki batas bawah sebesar Rp 2.550,- dan batas atas sebesar Rp 3.650,-.

2. Pendefinisian interval fuzzy

Semesta pembicaraan  $U$  kemudian dibagi menjadi beberapa bagian dengan interval ( $n$ ) sesuai dengan persamaan (5). Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari nilai  $n$ :

$$\begin{aligned}n &= 1 + 3,222 \log N \\ &= 1 + 3,222 \log \log (218) \\ &= 8,5345 \\ &\approx 9\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan banyaknya interval ( $n$ ) adalah 9 interval. Kemudian himpunan semesta  $U$  yang telah ditentukan sebelumnya dibagi ke dalam 9 interval

yang sama panjang untuk menentukan nilai linguistik. Dengan menggunakan persamaan (6), nilai panjang interval ( $l$ ) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 l &= \frac{[(D_{max}+D_2)-(D_{min}-D_1)]}{n} \\
 &= \frac{[(3.650)-(2550)]}{9} \\
 &= 122,22
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh panjang interval ( $l = 122,22$ ) dan jumlah interval  $n = 9$ , semesta pembicaraan dibagi ke dalam 9 (sembilan) interval. Kesembilan interval yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Interval Semesta Pembicaraan

Interval	Batas Bawah	Nilai Tengah	Batas Atas
$U_1$	2.550,00	2.611,11	2.672,22
$U_2$	2.672,22	2.733,33	2.794,44
$U_3$	2.794,44	2.855,56	2.916,67
$U_4$	2.916,67	2.977,78	3.038,89
$U_5$	3.038,89	3.100,00	3.161,11
$U_6$	3.161,11	3.222,22	3.283,33
$U_7$	3.283,33	3.344,44	3.405,56
$U_8$	3.405,56	3.466,67	3.527,78
$U_9$	3.527,78	3.588,89	3.650,00

Implementasi program: Batas bawah himpunan pembicara ( $U_{min}$ ), batas atas ( $U_{max}$ ), banyaknya interval ( $n$ ) dan panjang kelas ( $l$ ) dideklarasikan. Kemudian peubah *intervals* dibuat. Karena proses ini merupakan proses perulangan, maka fungsi *loop for()* digunakan pada langkah ini. Dengan menerapkan persamaan ke dalam proses perulangan tersebut, sintaks program untuk mencari interval linguistik ditunjukkan pada Gambar 8.

```

interval_fuzzy <- function(data, D1 = 10, D2 = 40){
  Umin = min(data) - D1
  Umax = max(data) + D2
  n = round(1 + 3.322 * logb(length(data), base = 10))
  l = (Umax - Umin) / n
  intervals = data.frame(mins = 0, maxs = 0)
  intervals[1,1] = Umin
  intervals[1,2] = Umin + l
  for (i in 2:n){
    intervals[i,1] = intervals[i-1,2]
    intervals[i,2] = intervals[i,1] + l
  }
  return((intervals = intervals))
}
b = interval_fuzzy(data, D1 = 10, D2 = 40)
b

```

**Gambar 8.** Sintaks Interval Linguistik

3. Penentuan himpunan fuzzy dalam semesta pembicara  $U$ .

Himpunan fuzzy dibentuk berdasarkan jumlah interval  $u$  yang diperoleh pada tahap sebelumnya. Berdasarkan persamaan (11) dan aturan penentuan derajat keanggotaan pada persamaan (12) dan (13), 9 (sembilan) himpunan fuzzy yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}A_1 &= \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} \\A_2 &= \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} \\A_3 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0.5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} \\A_4 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \frac{1}{u_4} + \frac{0.5}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} \\A_5 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0.5}{u_4} + \frac{1}{u_5} + \frac{0.5}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} \\A_6 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0.5}{u_5} + \frac{1}{u_6} + \frac{0.5}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} \\A_7 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0.5}{u_6} + \frac{1}{u_7} + \frac{0.5}{u_8} + \frac{0}{u_9} \\A_8 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0.5}{u_7} + \frac{1}{u_8} + \frac{0.5}{u_9} \\A_9 &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0.5}{u_8} + \frac{1}{u_9}\end{aligned}$$

Implementasi program: Peubah  $A$  dideklarasikan sebagai himpunan fuzzy di mana adalah sebuah vektor kombinasi dengan fungsi  $c()$ . Karena proses ini merupakan kombinasi proses perulangan dan proses percabangan, maka fungsi  $for()$  dan  $if\ else$  digunakan pada tahap ini. Kemudian, persamaan diimplementasikan ke dalam proses perulangan yang telah dibuat. Sintaks membuat himpunan fuzzy ditunjukkan pada Gambar 9.

```
A=c()
for (i in 1:length(m)){
  if (i==1){
    A[i] = (1/m[i])+(0.5/m[i+1])
  }
  else if (i==length(m)){
    A[i] = (0.5/m[i-1])+(1/m[i])
  }
  else {
    A[i] = (0.5/m[i-1])+(1/m[i])+(0.5/m[i+1])
  }
}
```

**Gambar 9.** Sintaks Membuat Himpunan Fuzzy

4. Fuzzifikasi data historis.

Pada tahap ini data harga saham penutupan PT Telkom Indonesia diubah ke dalam bentuk nilai linguistik yang merupakan bentuk interval. Misalnya pada periode  $t = 1$  yaitu pada 31 Juli 2020 sebesar Rp 3.050,- merupakan bagian dari interval  $U_5 = [3.039, 3.161]$ . Kemudian, data tersebut difuzzifikasi ke dalam  $A_1$ . Hasil fuzzifikasi data harga penutupan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut dan dilanjutkan pada Lampiran 2.

**Tabel 2.** Data Fuzzifikasi

t	Harga Saham	Data Fuzzy	t	Harga Saham	Data Fuzzy	t	Harga Saham	Data Fuzzy
1	3.050	A5	17	3.030	A4	33	2.860	A3
2	3.050	A5	18	3.050	A5	34	2.860	A3
3	3.050	A5	19	3.000	A4	35	2.860	A3
4	2.920	A4	20	3.000	A4	36	2.900	A3
5	2.950	A4	21	3.000	A4	37	2.860	A3
6	3.020	A4	22	3.000	A4	38	2.800	A3
7	3.020	A4	23	2.980	A4	39	2.700	A2
8	2.980	A4	24	3.020	A4	40	2.810	A3
9	2.980	A4	25	2.990	A4	41	2.810	A3
10	2.980	A4	26	2.960	A4	42	2.810	A3
11	2.990	A4	27	2.960	A4	43	2.890	A3
12	2.970	A4	28	2.960	A4	44	2.830	A3
13	2.950	A4	29	2.860	A3	45	2.790	A2
14	3.010	A4	30	2.900	A3	46	2.820	A3
15	3.030	A4	31	2.950	A4	47	2.890	A3

Implementasi program: Hasil fuzzifikasi dideklarasikan menjadi satu peubah *fuzzy*. Karena proses ini adalah proses perulangan dan kondisi, maka fungsi *for()* dan *if else* digunakan. Pada proses perulangan yang mulai dari data periode  $i = 1$  sampai ke  $n$ , data diidentifikasi berdasarkan interval yang telah didapatkan. Implementasi proses fuzzifikasi ditunjukkan pada Gambar 10.

```

fuzzify=c() #Deklarasi Fuzzifikasi
for (i in 1:length(data)){
  for (j in 1:nrow(interval)){
    if (i!=which.max(data)){
      if (data[i]>=(interval[j,1])&data[i]<(interval[j,2])){
        fuzzify[i]=j
        break
      }
    }
    else {
      if (data[i]>=(interval[j,1])&data[i]<=(interval[j,2])){
        fuzzify[i]=j
        break
      }
    }
  }
}
}

```

**Gambar 10.** Sintaks Proses Fuzzifikasi

5. Penentuan *fuzzy logical relation* (FLR) dan *fuzzy logical relation group* (FLRG).

Setelah hasil fuzzifikasi didapatkan, maka FLR dapat ditentukan. FLR adalah hubungan antara setiap data terhadap data berikutnya dalam bentuk himpunan fuzzy. Misalnya data periode  $t = 1$  yaitu  $A_1$  dan data periode  $t = 2$  adalah  $A_2$ , maka diperoleh FLR yaitu  $A_1 \rightarrow A_2$ . Keseluruhan FLR dari data harga penutupan saham PT Telkom Indonesia dapat dilihat pada Tabel 3 dan dilanjutkan pada Lampiran 3.

**Tabel 3.** Data Fuzzy Logical Relationship

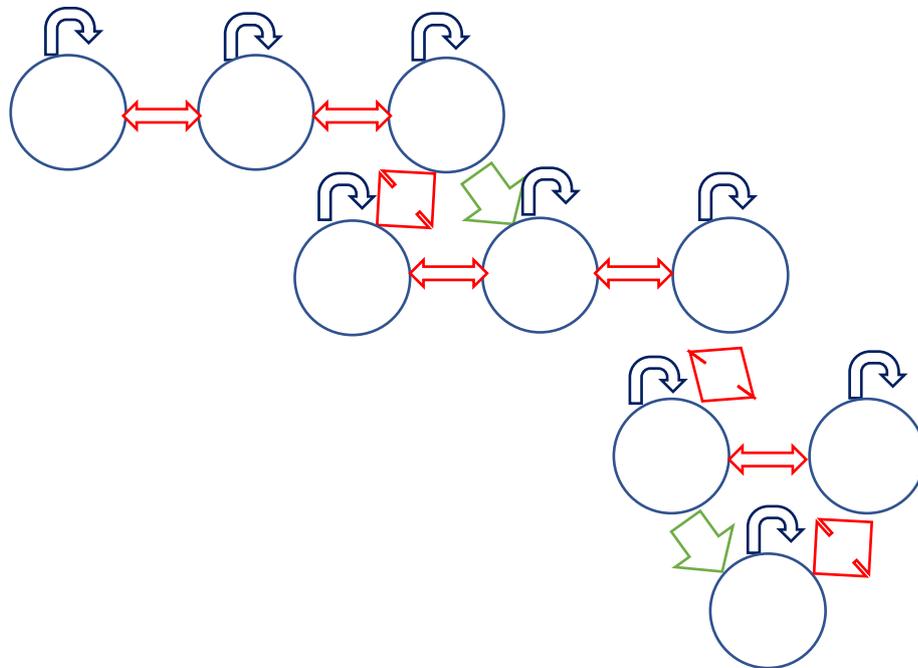
Urutan Data	FLR	Urutan Data	FLR	Urutan Data	FLR
1→2	A5→A5	15→16	A4→A4	30→31	A3→A4
2→3	A5→A5	16→17	A4→A4	31→32	A4→A3
3→4	A5→A4	17→18	A5→A4	32→33	A3→A3
4→5	A4→A4	18→19	A4→A4	33→34	A3→A3
5→6	A4→A4	19→20	A4→A4	34→35	A3→A3
6→7	A4→A4	20→21	A4→A4	35→36	A3→A3
7→8	A4→A4	21→22	A4→A4	36→37	A3→A3
8→9	A4→A4	22→23	A4→A4	37→38	A3→A3
9→10	A4→A4	23→24	A4→A4	38→39	A3→A2
10→11	A4→A4	24→25	A4→A4	39→40	A2→A3
11→12	A4→A4	25→26	A4→A4	40→41	A3→A3
12→13	A4→A4	26→27	A4→A4	41→42	A3→A3
13→14	A4→A4	27→28	A4→A4	42→43	A3→A3
14→15	A4→A4	28→29	A4→A3	43→44	A3→A3

Setelah diperoleh FLR, langkah selanjutnya adalah menentukan FLRG. FLRG adalah pengelompokan setiap perpindahan *state* yang bertujuan untuk memudahkan perhitungan dari FLR yang sudah didapatkan dan sesuai dengan prinsip dasar rantai Markov. FLRG dari seluruh data dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Data Fuzzy Logical Relation Group (FLRG)

<i>Current State</i> (State Saat Ini)	<i>Next state</i> (State Berikutnya)
$A_1$	$11A_1, 3A_2$
$A_2$	$3A_1, 17A_2, 5A_3$
$A_3$	$5A_2, 19A_3, 1A_4, 1A_5$
$A_4$	$2A_3, 24A_4, 2A_5$
$A_5$	$3A_4, 5A_5, 3A_6$
$A_6$	$2A_5, 24A_6, 6A_7, 1A_8$
$A_7$	$5A_6, 23A_7, 7A_8, 1A_9$
$A_8$	$1A_7, 7A_7, 29A_8, 1A_9$
$A_9$	$2A_8, 4A_9$

FLRG kemudian digunakan untuk membentuk proses transisi peramalan yang menunjukkan hubungan antara satu *state* dengan *state* lainnya. Proses transisi peramalan dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Diagram Proses Transisi Peramalan

Pada Gambar 11, panah dua arah (merah) menandakan bahwa *state* bertransisi dari satu *state* ke *state* berikutnya dan berlaku hubungan yang sebaliknya: *state - state* tersebut antara lain  $A_1$  dengan  $A_2$ ,  $A_2$  dengan  $A_3$ ,  $A_4$  dengan  $A_5$ , dan seterusnya. Tanda panah satu arah (hijau) menandakan bahwa *state* yang bertransisi hanya memiliki hubungan satu arah saja, misalnya  $A_3$  dengan  $A_5$  dan  $A_7$  dengan  $A_9$ . Sedangkan tanda panah *u-turn* (putar balik) menandakan bahwa tidak adanya perubahan *state* pada periode selanjutnya.

Implementasi Program: peubah FLR dideklarasikan menjadi sebuah *data frame* yang terdiri dari kolom *current\_state* dan *next\_state*. Dengan fungsi perulangan *for()* yang dimulai dari  $i = 1$  sampai banyaknya data fuzzifikasi yang telah didapatkan, maka nilai FLR didapatkan. Berikut ini merupakan sintaks proses membuat FLR:

```
#Membuat FLR
flr <- data.frame(current_state=0, next_state=0)
for(i in 1: length(fuzzify)){
  if(i < length(fuzzify)){
    flr[i,]=c(fuzzify[i],fuzzify[i+1])
  }
  else{
    flr[i,]=c(fuzzify[i],0)
  }
}
print(flr)
```

**Gambar 12.** Sintaks Membuat FLR

6. Pembentukan matriks peluang transisi Markov.

Dalam tahap ini, matriks peluang transisi Markov yang berorde  $9 \times 9$  dibentuk berdasarkan FLRG yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya untuk mencari peluang transisi  $P_{ij}$  dengan menggunakan persamaan (14). Misalnya  $A_i \rightarrow A_j$  dengan  $i = 1$  dan  $j = 1, 2, \dots, n$ , *state*  $A_1$  bertransisi sebanyak 11 kali ke *state*  $A_1$  dan bertransisi ke *state*  $A_2$  sebanyak 3 kali. Maka nilai  $P_{11} = \frac{11}{14}$  dan  $P_{12} = \frac{3}{14}$ . Peluang transisi yang didapatkan ditunjukkan pada matriks peluang transisi berikut ini:

$$R = \begin{bmatrix} \frac{11}{14} & \frac{3}{14} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{3}{25} & \frac{17}{25} & \frac{5}{25} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{5}{26} & \frac{19}{26} & \frac{1}{26} & \frac{1}{26} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{2}{28} & \frac{24}{28} & \frac{2}{28} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{3}{11} & \frac{5}{11} & \frac{3}{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Implementasi program: Peubah *state* yang merupakan sebuah matriks dideklarasikan dengan fungsi *matrix()* yang membaca data dan FLR yang telah

diperoleh. Kemudian dengan menerapkan persamaan (1), matriks peluang transisi didapatkan, sintaks proses membuat matriks transisi Markov ditunjukkan pada Gambar 13.

```
#Membuat Matriks Transisi
state=matrix(data=as.vector(table(flr)[-1]),nrow = nrow(interval), byrow = F)
matriks_transisi = state/rowSums(state)
print(matriks_transisi)
```

**Gambar 13.** Sintaks Membuat Matriks Transisi

Matriks transisi Markov yang didapatkan dengan menggunakan bahasa pemrograman R ditunjukkan pada Gambar 14.

```
[,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9]
[1,] 0.7857143 0.2142857 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
[2,] 0.1200000 0.6800000 0.20000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
[3,] 0.0000000 0.1923077 0.73076923 0.03846154 0.03846154 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
[4,] 0.0000000 0.0000000 0.07142857 0.85714286 0.07142857 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
[5,] 0.0000000 0.0000000 0.00000000 0.27272727 0.45454545 0.27272727 0.00000000 0.00000000 0.00000000
[6,] 0.0000000 0.0000000 0.00000000 0.00000000 0.06060606 0.72727273 0.1818182 0.03030303 0.00000000
[7,] 0.0000000 0.0000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.13888889 0.6388889 0.19444444 0.02777778
[8,] 0.0000000 0.0000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.02631579 0.1842105 0.76315789 0.02631579
[9,] 0.0000000 0.0000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.33333333 0.66666667
hasil
```

**Gambar 14.** Matriks Peluang Transisi Markov dengan R

7. Perhitungan hasil peramalan (*forecasting value*)

Setelah matriks peluang transisi Markov diperoleh, kemudian peramalan dilakukan dengan menggunakan persamaan (16). Misalnya perhitungan peramalan untuk  $t = 3$ , dan  $t = 4$ , dengan memperhatikan data periode sebelumnya ( $t = 2$ ), di mana *state* bertransisi dari  $A_5 \rightarrow A_4$  dan  $A_4 \rightarrow A_4$ . Berikut ini merupakan perhitungan peramalan yang dilakukan:

$$\begin{aligned}
 F(3) &= (Y - 1) P_{51} + m_2 P_{52} + m_3 P_{53} + m_4 P_{54} + m_5 P_{55} + m_6 P_{56} + \\
 &\quad m_7 P_{57} + m_8 P_{58} + m_9 P_{59} \\
 &= 0 + 0 + 0 + 2.977,78 \left(\frac{3}{11}\right) + 3.100 \left(\frac{5}{11}\right) + 3.222,22 \left(\frac{3}{11}\right) + 0 + 0 + 0 \\
 &= 3.100
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F(4) &= (Y - 1) P_{41} + m_2 P_{42} + m_3 P_{43} + m_4 P_{44} + m_5 P_{45} + m_6 P_{46} + \\
 &\quad m_7 P_{47} + m_8 P_{45} + m_9 P_{49} \\
 &= 0 + 0 + 2.855,56 \left(\frac{2}{28}\right) + 2.977,78 \left(\frac{2}{28}\right) + 3.100 \left(\frac{2}{28}\right) + 0 + 0 + 0 + 0 \\
 &= 2.977,78
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh bahwa nilai peramalan awal pada  $t = 3$  adalah Rp 3.100,- dan nilai nilai peramalan awal  $t = 4$  adalah Rp 2.977,78.

Implementasi program: Deklarasikan peubah *ramalan* menjadi sebuah vektor kombinasi dengan fungsi *c()*. Dengan mengimplementasikan persamaan (15) ke dalam proses perulangan dengan menggunakan fungsi *for()* untuk mencari hasil ramalan awal setiap periode *t*. Berikut ini adalah sintaks untuk menghitung ramalan dan nilai koreksi ramalan:

```
#Menghitung ramalan
ramalan = c()
#Mnghitung Koreksi Ramalan
d = c()
for (i in 2:(length(data))){
  ramalan [i] = sum(m*as.vector(matriks_transisi[f1r[i-1,1],]))
  d[i] = (interval[1,2]-interval[1,1])*(f1r[i-1,1]-f1r[i-1,2])/2
}
#Menghitung Ramalan Sebenarnya
ramalan_benar = ramalan + d
```

**Gambar 15.** Sintaks Menghitung Ramalan Awal, Koreksi dan Ramalan Akhir

Kemudian program dieksekusi, hasil peramalan sebelum disesuaikan ditunjukkan pada Gambar 16.

```
> hasil
$ramalan_awal
 [1] NA 3100.000 3100.000 3100.000 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778
 [9] 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778
[17] 2977.778 2977.778 3100.000 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778
[25] 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2846.154 2846.154
[33] 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 2743.111
[41] 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 2743.111 2846.154 2846.154
[49] 2846.154 2846.154 2846.154 2743.111 2846.154 2743.111 2743.111 2743.111
[57] 2743.111 2743.111 2637.302 2637.302 2743.111 2743.111 2743.111 2743.111
[65] 2637.302 2637.302 2637.302 2743.111 2743.111 2743.111 2743.111 2743.111
[73] 2846.154 2743.111 2743.111 2743.111 2743.111 2743.111 2743.111 2743.111
[81] 2637.302 2637.302 2637.302 2637.302 2637.302 2637.302 2637.302 2637.302
[89] 2637.302 2743.111 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 3100.000
[97] 3100.000 2977.778 2977.778 2977.778 3100.000 3244.444 3244.444 3244.444
[105] 3244.444 3244.444 3244.444 3358.025 3358.025 3440.936 3440.936 3440.936
[113] 3244.444 3244.444 3358.025 3358.025 3244.444 3244.444 3244.444 3358.025
[121] 3358.025 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444 3358.025 3440.936 3548.148
[129] 3548.148 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3358.025 3358.025 3440.936
[137] 3440.936 3358.025 3358.025 3358.025 3358.025 3440.936 3440.936 3358.025
[145] 3358.025 3548.148 3548.148 3548.148 3548.148 3440.936 3440.936 3440.936
[153] 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3358.025
[161] 3358.025 3358.025 3358.025 3244.444 3358.025 3244.444 3100.000 3100.000
[169] 3100.000 3244.444 3244.444 3244.444 3358.025 3358.025 3358.025 3358.025
[177] 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444
[185] 3100.000 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444 3440.936 3440.936
[193] 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3358.025
[201] 3358.025 3358.025 3358.025 3358.025 3440.936 3440.936 3440.936 3358.025
[209] 3358.025 3358.025 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3358.025 3358.025
[217] 3358.025 3358.025
```

**Gambar 16.** Hasil Peramalan Sebelum Disesuaikan

8. Perhitungan nilai penyesuaian peramalan (*adjusted value*).  
Tahap ini bertujuan mengurangi besarnya simpangan pada hasil ramalan. Misalnya perhitungan pada periode  $t = 3$  dan  $t = 4$  di mana FLR adalah  $A_5 \rightarrow A_4$

dan  $A_4 \rightarrow A_4$  . Perhitungan penyesuaian peramalan diperoleh dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}D_{(3)} &= -\frac{l}{2} \\ &= -\frac{122,22}{2} = -61,1 \\ D_{(4)} &= 0\end{aligned}$$

Diperoleh bahwa nilai penyesuaian untuk  $t = 3$  adalah sebesar  $-61,1$  dan nilai penyesuaian untuk  $t = 4$  adalah  $0$ .

9. Perhitungan hasil ramalan yang sesuai (*adjusted forecasting value*).

Pada tahap ini, hasil peramalan awal dan nilai penyesuaian yang didapatkan kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan nilai peramalan yang sesuai. Contoh menghitung nilai peramalan yang sesuai adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}F'(3) &= F(3) + D_{(3)} \\ &= 3.100 + (-61,11) = 3.038,89\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F'(4) &= F(4) + D_{(4)} \\ &= 2.977,78 + 0 = 2.977,78\end{aligned}$$

Diperoleh bahwa nilai hasil peramalan akhir dari metode FTSMC pada saat  $t = 3$  dan  $t = 4$  masing-masing adalah Rp 3.038, 89 dan Rp 2.977,78.

Dengan mengeksekusi sintaks pada Gambar 16, Hasil peramalan akhir dengan metode FTSMC ditunjukkan Gambar 17:

```

$data_ramalan
 [1]      NA 3100.000 3100.000 3038.889 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778
 [9] 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778
[17] 2977.778 3038.889 3038.889 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778
[25] 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2977.778 2916.667 2846.154 2907.265
[33] 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 2785.043 2804.222
[41] 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 2785.043 2804.222 2846.154
[49] 2846.154 2846.154 2785.043 2804.222 2785.043 2804.222 2743.111 2743.111
[57] 2743.111 2682.000 2637.302 2698.413 2743.111 2743.111 2743.111 2682.000
[65] 2637.302 2637.302 2698.413 2743.111 2743.111 2743.111 2743.111 2804.222
[73] 2785.043 2743.111 2743.111 2743.111 2743.111 2743.111 2743.111 2682.000
[81] 2637.302 2637.302 2637.302 2637.302 2637.302 2637.302 2637.302 2637.302
[89] 2698.413 2804.222 2846.154 2846.154 2846.154 2846.154 2968.376 3100.000
[97] 3038.889 2977.778 2977.778 3038.889 3161.111 3244.444 3244.444 3244.444
[105] 3244.444 3244.444 3305.556 3358.025 3419.136 3440.936 3440.936 3318.713
[113] 3244.444 3305.556 3358.025 3296.914 3244.444 3244.444 3305.556 3358.025
[121] 3296.914 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444 3305.556 3419.136 3502.047
[129] 3487.037 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3379.825 3358.025 3419.136
[137] 3379.825 3358.025 3358.025 3358.025 3419.136 3440.936 3379.825 3358.025
[145] 3480.247 3548.148 3548.148 3548.148 3548.148 3487.037 3440.936 3440.936
[153] 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3379.825 3358.025
[161] 3358.025 3358.025 3296.914 3305.556 3296.914 3183.333 3100.000 3100.000
[169] 3161.111 3244.444 3244.444 3305.556 3358.025 3358.025 3358.025 3296.914
[177] 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444 3183.333
[185] 3161.111 3244.444 3244.444 3244.444 3244.444 3366.667 3440.936 3440.936
[193] 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3440.936 3379.825 3358.025
[201] 3358.025 3358.025 3358.025 3419.136 3440.936 3440.936 3379.825 3358.025
[209] 3358.025 3419.136 3440.936 3440.936 3440.936 3379.825 3358.025 3358.025
[217] 3358.025 3419.136

$Forecast
 [1] 3466.667

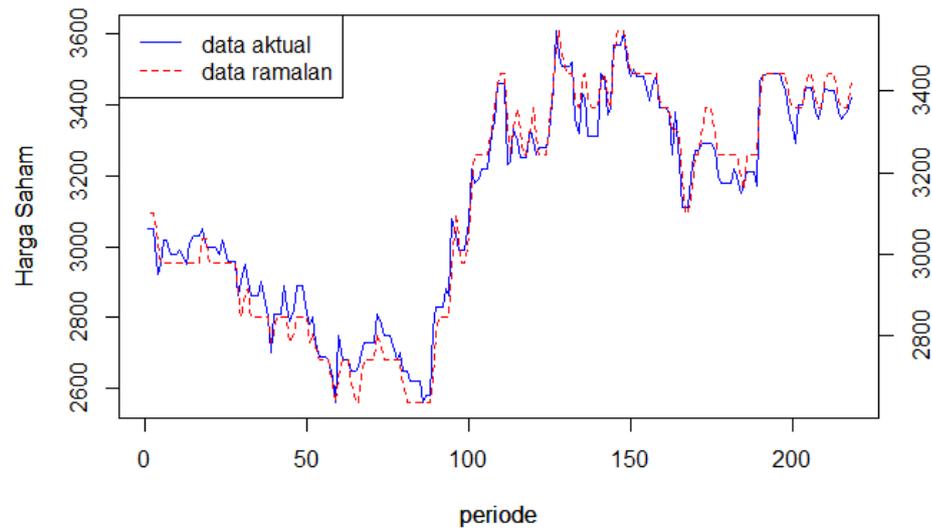
```

**Gambar 17.** Hasil Peramalan Akhir (*Adjusted forecasting Value*)

Gambar 17 menunjukkan bahwa nilai peramalan satu langkah dari harga penutupan saham PT Telkom Indonesia untuk satu periode ke depan (1 April 2021) diperoleh sebesar Rp 3.466,67. Nilai peramalan ini kemudian dibandingkan dengan data aktual tanggal 1 April 2021, yaitu sebesar Rp. 3.390,-. Selisih dari kedua nilai tersebut cukup kecil, yaitu hanya sebesar Rp. 76,67 saja.

#### 10. Penentuan nilai MAPE (*Mean Absolute Persentage Error*).

Tahap ini bertujuan untuk mengukur keakuratan dari peramalan yang telah dilakukan. Gambar 18 memperlihatkan grafik perbandingan data aktual dengan data peramalan.



**Gambar 18.** Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Data Peramalan

Gambar 18 memperlihatkan grafik perbandingan data aktual dan data ramalan. Kedua grafik tersebut menunjukkan bahwa hanya ada sedikit simpangan yang terjadi antara data aktual dan data ramalan.

Kemudian MAPE dihitung, Gambar 19 memperlihatkan nilai MAPE yang didapatkan dengan menggunakan R, yaitu sebesar 1,1167%. Artinya rata-rata kesalahan dari metode FTSMC yang dilakukan sangat kecil, dan bisa dikatakan memiliki nilai akurasi sebesar 98,88% dan tergolong yang sangat tinggi.

```
$Forecast
[1] 3466.667

$MSE
[1] 1776.383

$MAPE
[1] 1.116715
```

**Gambar 19.** Nilai MAPE Peramalan Metode FTSMC

Bagi para investor atau pelaku pasar dengan mempertimbangkan hasil dari peramalan yang didapatkan, strategi *buy* dan *hold* masih menjadi strategi yang cukup baik. Strategi *buy* dilakukan oleh investor saat harga saham akan tetap. Sedangkan strategi *hold* dilakukan saat investor ingin menjual sahamnya ketika harga akan naik.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan uraian hasil yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka bisa disimpulkan bahwa:

1. Hasil peramalan harga penutupan saham PT Telkom Indonesia menggunakan metode fuzzy time series Markov chain (FTSMC) dengan 9 (sembilan) himpunan fuzzy untuk tanggal 1 April 2021 yaitu sebesar Rp 3.466,57.
2. Rataan tingkat kesalahan pada model peramalan harga saham PT Telkom Indonesia pada periode 31 Juli 2020 sampai 31 Maret 2021 menggunakan metode FTSMC adalah sebesar 1,1167%. Dengan demikian, peramalan dengan metode FTSMC dengan menggunakan data tersebut dalam penelitian ini memiliki nilai akurasi yang sangat tinggi.
3. Program peramalan harga saham dengan metode FTSMC dengan bahasa pemrograman R dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan kembali dengan mengubah *database* dalam program yang telah dibuat.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan, ada beberapa saran yang diusulkan untuk penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan peramalan  $n$ -langkah dengan menggunakan metode FTSMC.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menganalisis serta memeriksa data sehingga dapat menentukan banyaknya jumlah himpunan fuzzy yang paling optimal sebelum peramalan menggunakan metode FTSMC.
3. Bagi para investor atau pelaku pasar dengan mempertimbangkan hasil dari peramalan yang didapatkan, strategi *buy* dan *hold* masih menjadi strategi yang cukup baik. Strategi *buy* dilakukan oleh investor saat harga saham akan tetap. Sedangkan strategi *hold* dilakukan saat investor ingin menjual sahamnya ketika harga akan naik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brigham, E. F. dan Houston J. F. 2011. *Dasar-Dasar Manajemen Keuangan Terjemahan*. Edisi ke-10. Jakarta: Salemba Empat
- Bursa Efek Indonesia. 2010. "Saham". <https://www.idx.co.id/produk/saham/> [diakses pada 20 Desember 2020].
- Darmadji, T. dan Fakhrudin. 2012. *Pasar Modal Indonesia Pendekatan Tanya Jawab*. Jakarta: Salemba Empat.
- Deng, J. dan Deng, Y. 2021. Information volume of fuzzy membership function. *International journal of computers communications & control (February)*, **16(1)**: 1-14.
- Dewi, H. K. 2020. "Jadi salah satu pemberat IHSG di 2020, begini prospek saham TLKM pada tahun 2021". <https://investasi.kontan.co.id/news/jadi-salah-satu-pemberat-ihsg-di-2020-begini-prospek-saham-tlkm-pada-tahun-2021> [diakses pada 21 Desember 2020]
- Faldo, A. 2019. Peramalan Harga Emas Dunia Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Markov Chain dan Model ARIMA. Skripsi FMIPA. Padang: Universitas Andalas.
- Gross, D. dan Harris C. M. 2008. *Fundamentals of Queueing Theory*. 4<sup>th</sup> edition. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Hadinagara, D. dan Noeryanti, N. 2019. Peramalan harga saham pada indeks Iq45 menggunakan fuzzy time series Markov chain dan modifikasi double exponential smoothing. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, **4(2)**: 11-21.
- Jadmiko, P. 2018. Peramalan Harga Saham pada Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) Menggunakan Fuzzy Time Series Markov Chain. Skripsi. FMIPA. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Kafi, R. A., Safitri, Y. R., Widyaningsih, Y. dan Handari, B. D. 2019. Comparison of weighted Markov chain and fuzzy time series Markov chain in forecasting stock closing price of company X. *Proceedings of 4th International Symposium on Current Progress in Mathematics and Sciences*, **2168**, 020033. Depok, 30-31 Oktober 2018, pp. 1-9.

- Kusumadewi, S., dan Purnomo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mahmudah, U. 2020. *Metode Statistika Step By Step*. Pekalongan: Penerbit NEM.
- MNC Sekuritas. 2020. “Sebelum Trading, Cek Dulu Likuiditas Sahamnya”.  
<https://www.mncsekuritas.id/pages/sebelum-trading-cek-dulu-likuiditas-sahamnya> [diakses pada 22 Desember 2020].
- Montgomery, C. D., Jennings L. C., dan Kulhaci M. 2015. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. 2<sup>nd</sup> Edition. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Rukhansah, N., Muslim, M. A., dan Arifudin, R. 2015. Fuzzy time series Markov chain dalam meramalkan harga saham. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer (SNIK)*. Semarang, 30 Oktober 2015, pp.309-321.
- Safitri, Y., Wahyuningsih, S. dan Goejantoro, R. 2018. Peramalan dengan metode fuzzy time series Markov chain (Studi kasus : Harga penutupan saham PT. Radiant Utama Interinsco Tbk periode Januari 2011 – Maret 2017). *Jurnal Eksponensial*, **9(1)**: 51-58.
- Sartono, A. 2010. *Manajemen Keuangan Teori dan Aplikasi*. Edisi Ke-4. Yogyakarta: BPF.
- Sigh, S. R. 2007. A simple time variant method for fuzzy time series forecasting. *Cybernetics and System: An International Journal*, **38**: 305-321.
- Tari, D. N . 2020. “Tumbuh 22 Persen, Investor Pasar Modal Tembus 3 Juta Akun”.  
<https://market.bisnis.com/read/20200810/7/1277162/tumbuh-22-persen-investor-pasar-modal-tembus-3-juta-akun> [diakses pada 20 Desember 2020].
- Telkom Indonesia. 2012. “Tentang Telkomgroup”.  
[https://www.telkom.co.id/sites/about-telkom/id\\_ID/page/profil-dan-riwayat-singkat](https://www.telkom.co.id/sites/about-telkom/id_ID/page/profil-dan-riwayat-singkat) [diakses pada 20 Desember 2020]
- 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*, **8(7B)**: 4931-4942.

- Tsaur, R. C., Yang, J. C. O., dan Wang, H. F. 2004. Fuzzy relation analysis in fuzzy time series model. *Computer and Mathematics with Applications*, **49(4)**: 539-548.
- Widoatmojo, S. 2012. *Cara Sehat Investasi di Pasar Modal*. Jakarta: PT. Jurnalindo Aksaragrafika.
- Yahoo Finance. 2021. "Perusahaan Perseroan (Persero) PT Telekom Indonesia Tbk (TLKM.JK)". <https://finance.yahoo.com/quote/TLKM.JK/history?p=TLKM.JK>. [diakses pada 31 Maret 2021]

# **LAMPIRAN**

**Lampiran 1. Data Harga Saham Penutupan PT Telkom Indonesia Tbk.**

t	Harga Penutupan
1	3.050
2	3.050
3	3.050
4	2.920
5	2.950
6	3.020
7	3.020
8	2.980
9	2.980
10	2.980
11	2.990
12	2.970
13	2.950
14	3.010
15	3.030
16	3.030
17	3.030
18	3.050
19	3.000
20	3.000
21	3.000
22	3.000
23	2.980
24	3.020
25	2.990
26	2.960
27	2.960
28	2.960
29	2.860
30	2.900
31	2.950
32	2.900
33	2.860
34	2.860
35	2.860
36	2.900
37	2.860
38	2.800
39	2.700
40	2.810
41	2.810
42	2.810
43	2.890
44	2.830
45	2.790
46	2.820
47	2.890
48	2.890
49	2.890
50	2.810
51	2.780
52	2.800
53	2.730
54	2.690
55	2.690
56	2.690
57	2.680
58	2.630
59	2.560
60	2.750
61	2.680
62	2.680
63	2.680
64	2.650
65	2.650
66	2.660
67	2.700
68	2.730
69	2.730
70	2.730
71	2.730
72	2.810
73	2.780
74	2.750
75	2.750
76	2.750
77	2.710
78	2.680
79	2.700
80	2.650
81	2.650
82	2.620
83	2.620
84	2.620
85	2.620
86	2.560
87	2.580
88	2.580
89	2.770
90	2.830
91	2.830
92	2.830
93	2.880
94	2.860
95	3.080
96	3.040
97	2.990
98	2.990
99	2.990
100	3.070
101	3.220
102	3.180

103	3.190
104	3.220
105	3.220
106	3.220
107	3.320
108	3.350
109	3.460
110	3.460
111	3.460
112	3.230
113	3.240
114	3.330
115	3.300
116	3.250
117	3.250
118	3.250
119	3.330
120	3.300
121	3.260
122	3.280
123	3.280
124	3.280
125	3.320

126	3.450
127	3.610
128	3.540
129	3.510
130	3.510
131	3.510
132	3.520
133	3.360
134	3.320
135	3.430
136	3.420
137	3.310
138	3.310
139	3.310
140	3.310
141	3.490
142	3.470
143	3.370
144	3.390
145	3.570
146	3.570
147	3.570
148	3.600

149	3.510
150	3.480
151	3.500
152	3.480
153	3.480
154	3.480
155	3.450
156	3.410
157	3.470
158	3.480
159	3.390
160	3.390
161	3.390
162	3.370
163	3.260
164	3.380
165	3.240
166	3.110
167	3.110
168	3.110
169	3.230
170	3.270
171	3.270

## Lampiran 2. Data Fuzzifikasi

17	2	3.290
17	3	3.290
17	4	3.290
17	5	3.290
17	6	3.270
17	7	3.200
17	8	3.180
17	9	3.180
18	0	3.180
18	1	3.180
18	2	3.220
18	3	3.200
18	4	3.150
18	5	3.180
18	6	3.210
18	7	3.210
18	8	3.210
18	9	3.170
19	0	3.470
19	1	3.480
19	2	3.490

19	3	3.490
19	4	3.490
19	5	3.490
19	6	3.490
19	7	3.460
19	8	3.440
19	9	3.360
20	0	3.340
20	1	3.290
20	2	3.400
20	3	3.400
20	4	3.450
20	5	3.450
20	6	3.450
20	7	3.380
20	8	3.360
20	9	3.390
21	0	3.450
21	1	3.440
21	2	3.440
21	3	3.440

21	4	3.380
21	5	3.360
21	6	3.370
21	7	3.380
21	8	3.420

No	Harga Saham	Fuzzy
1	3.050	A5
2	3.050	A5
3	3.050	A5
4	2.920	A4
5	2.950	A4
6	3.020	A4
7	3.020	A4
8	2.980	A4
9	2.980	A4
10	2.980	A4
11	2.990	A4
12	2.970	A4
13	2.950	A4
14	3.010	A4
15	3.030	A4
16	3.030	A4
17	3.030	A4
18	3.050	A5
19	3.000	A4
20	3.000	A4
21	3.000	A4
22	3.000	A4
23	2.980	A4
24	3.020	A4
25	2.990	A4

26	2.960	A4
27	2.960	A4
28	2.960	A4
29	2.860	A3
30	2.900	A3
31	2.950	A4
32	2.900	A3
33	2.860	A3
34	2.860	A3
35	2.860	A3
36	2.900	A3
37	2.860	A3
38	2.800	A3
39	2.700	A2
40	2.810	A3
41	2.810	A3
42	2.810	A3
43	2.890	A3
44	2.830	A3
45	2.790	A2
46	2.820	A3
47	2.890	A3
48	2.890	A3
49	2.890	A3
50	2.810	A3
51	2.780	A2
52	2.800	A3
53	2.730	A2
54	2.690	A2
55	2.690	A2
56	2.690	A2
57	2.680	A2
58	2.630	A1
59	2.560	A1
60	2.750	A2
61	2.680	A2
62	2.680	A2
63	2.680	A2
64	2.650	A1
65	2.650	A1
66	2.660	A1

67	2.700	A2
68	2.730	A2
69	2.730	A2
70	2.730	A2
71	2.730	A2
72	2.810	A3
73	2.780	A2
74	2.750	A2
75	2.750	A2
76	2.750	A2
77	2.710	A2
78	2.680	A2
79	2.700	A2
80	2.650	A1
81	2.650	A1
82	2.620	A1
83	2.620	A1
84	2.620	A1
85	2.620	A1
86	2.560	A1
87	2.580	A1
88	2.580	A1
89	2.770	A2
90	2.830	A3
91	2.830	A3
92	2.830	A3
93	2.880	A3
94	2.860	A3
95	3.080	A5
96	3.040	A5
97	2.990	A4
98	2.990	A4
99	2.990	A4
100	3.070	A5
101	3.220	A6
102	3.180	A6
103	3.190	A6
104	3.220	A6
105	3.220	A6
106	3.220	A6
107	3.320	A7

108	3.350	A7
109	3.460	A8
110	3.460	A8
111	3.460	A8
112	3.230	A6
113	3.240	A6
114	3.330	A7
115	3.300	A7
116	3.250	A6
117	3.250	A6
118	3.250	A6
119	3.330	A7
120	3.300	A7
121	3.260	A6
122	3.280	A6
123	3.280	A6
124	3.280	A6
125	3.320	A7
126	3.450	A8
127	3.610	A9
128	3.540	A9
129	3.510	A8
130	3.510	A8
131	3.510	A8
132	3.520	A8
133	3.360	A7
134	3.320	A7
135	3.430	A8
136	3.420	A8
137	3.310	A7
138	3.310	A7
139	3.310	A7
140	3.310	A7
141	3.490	A8
142	3.470	A8
143	3.370	A7
144	3.390	A7
145	3.570	A9
146	3.570	A9
147	3.570	A9
148	3.600	A9

149	3.510	A8
150	3.480	A8
151	3.500	A8
152	3.480	A8
153	3.480	A8
154	3.480	A8
155	3.450	A8
156	3.410	A8
157	3.470	A8
158	3.480	A8
159	3.390	A7
160	3.390	A7
161	3.390	A7
162	3.370	A7
163	3.260	A6
164	3.380	A7
165	3.240	A6
166	3.110	A5
167	3.110	A5
168	3.110	A5
169	3.230	A6
170	3.270	A6
171	3.270	A6
172	3.290	A7
173	3.290	A7
174	3.290	A7
175	3.290	A7
176	3.270	A6
177	3.200	A6
178	3.180	A6
179	3.180	A6
180	3.180	A6
181	3.180	A6
182	3.220	A6
183	3.200	A6
184	3.150	A5
185	3.180	A6
186	3.210	A6
187	3.210	A6
188	3.210	A6
189	3.170	A6

190	3.470	A8
191	3.480	A8
192	3.490	A8
193	3.490	A8
194	3.490	A8
195	3.490	A8
196	3.490	A8
197	3.460	A8
198	3.440	A8
199	3.360	A7
200	3.340	A7
201	3.290	A7
202	3.400	A7
203	3.400	A7
204	3.450	A8
205	3.450	A8
206	3.450	A8
207	3.380	A7
208	3.360	A7
209	3.390	A7
210	3.450	A8
211	3.440	A8
212	3.440	A8
213	3.440	A8
214	3.380	A7
215	3.360	A7
216	3.370	A7
217	3.380	A7
218	3.420	A8

### Lampiran 3. Data Fuzzy Logical Relationship

Urutan Data	FLR
61→62	A2→A2
62→63	A2→A2
63→64	A2→A1
64→65	A1→A1
65→66	A1→A1
66→67	A1→A2
67→68	A2→A2
68→69	A2→A2
69→70	A2→A2
70→71	A2→A2
71→72	A2→A3
72→73	A3→A2
73→74	A2→A2
74→75	A2→A2
75→76	A2→A2
76→77	A2→A2
77→78	A2→A2
78→79	A2→A2
79→80	A2→A1
80→81	A1→A1
81→82	A1→A1
82→83	A1→A1
83→84	A1→A1
84→85	A1→A1
85→86	A1→A1
86→87	A1→A1
87→88	A1→A1
88→89	A1→A2
89→90	A2→A3
90→91	A3→A3
91→92	A3→A3
92→93	A3→A3
93→94	A3→A3
94→95	A3→A5
95→96	A5→A5
96→97	A5→A4

97→98.	A4→A4
98→99	A4→A4
99→100	A4→A5
100→101	A5→A6
100→101	A5→A6
101→102	A6→A6
102→103	A6→A6
103→104	A6→A6
104→105	A6→A6
105→106	A6→A6
106→107	A6→A7
107→108	A7→A7
108→109	A7→A8
109→110	A8→A8
110→111	A8→A8
111→112	A8→A6
112→113	A6→A6
113→114	A6→A7
114→115	A7→A7
115→116	A7→A6
116→117	A6→A6
117→118	A6→A6
118→119	A6→A7
119→120	A7→A7
120→121	A7→A6
121→122	A6→A6
122→123	A6→A6
123→124	A6→A6
124→125	A6→A7
125→126	A7→A8
126→127	A8→A9
127→128	A9→A9
128→129	A9→A8
129→130	A8→A8
130→131	A8→A8
131→132	A8→A8
132→133	A8→A7
133→134	A7→A7
134→135	A7→A8

135→136	A8→A8
136→137	A8→A7
137→138	A7→A7
138→139	A7→A7
139→140	A7→A7
140→141	A7→A8
141→142	A8→A8
142→143	A8→A7
143→144	A7→A7
144→145	A7→A9
145→146	A9→A9
146→147	A9→A9
147→148	A9→A9
148→149	A9→A8
149→150	A8→A8
150→151	A8→A8
151→152	A8→A8
152→153	A8→A8
153→154	A8→A8
154→155	A8→A8
155→156	A8→A8
156→157	A8→A8
157→158	A8→A8
158→159	A8→A7
159→160	A7→A7
160→161	A7→A7
161→162	A7→A7
162→163	A7→A6
163→164	A6→A7
164→165	A7→A6
165→166	A6→A5
166→167	A5→A5
167→168	A5→A5
168→169	A5→A6
169→170	A6→A6
170→171	A6→A6
171→172	A6→A7
172→173	A7→A7
173→174	A7→A7

174→175	A7→A7
175→176	A7→A6
176→177	A6→A6
177→178	A6→A6
178→179	A6→A6
179→180	A6→A6
180→181	A6→A6
181→182	A6→A6
182→183	A6→A6
183→184	A6→A5
184→185	A5→A6
185→186	A6→A6
186→187	A6→A6
187→188	A6→A6
188→189	A6→A6
189→190	A6→A8
190→191	A8→A8
191→192	A8→A8
192→193	A8→A8
193→194	A8→A8
194→195	A8→A8
195→196	A8→A8
196→197	A8→A8
197→198	A8→A8
198→199	A8A7
199→200	A7→A7
200→201	A7→A7
201→202	A7→A7
202→203	A7→A7
203→204	A7→A8
204→205	A8→A8
205→206	A8→A8
206→207	A8→A7
207→208	A7→A7
208→209	A7→A7
209→210	A7→A8
210→211	A8→A8
211→212	A8→A8
212→213	A8→A8
213→214	A8→A7
214→215	A7→A7

215→216	A7→A7
216→217	A7→A7
217→218	A7→A8

#### Lampiran 4. Sintaks Program Peramalan Metode FTSMC dengan R

```
data <- read.csv("D:/skripsi_Muhammad Awaludin/DataSaham.csv", sep=";")
data = as.vector(data$x)
data
#Membuat interval linguistik
interval_fuzzy <- function(data, D1 = 10, D2= 40){
  Umin = min(data)- D1
  Umax = max(data)+ D2
  n = round(1 +3.322 *logb(length(data), base = 10))
  l = (Umax - Umin)/n
  intervals = data.frame(mins = 0, maxs = 0)
  intervals[1,1] = Umin
  intervals[1,2] = Umin + l
  for (i in 2:n){
    intervals[i,1] = intervals[i-1,2]
    intervals[i,2] = intervals[i,1] + l
  }
  return((intervals = intervals))
}
b= interval_fuzzy(data, D1 = 10, D2 = 40)
b
#Algoritma FTSMC
fuzzy_tsmc <- function(data,interval){
  m = as.vector(rowMeans(interval)) #mencari rata-rata subinterval
  A=c()
  for (i in 1:length(m)){
    if (i==1){
      A[i] = (1/m[i])+(0.5/m[i+1])
    }
    else if (i==length(m)){
      A[i] = (0.5/m[i-1])+(1/m[i])
    }
    else {
      A[i] = (0.5/m[i-1])+(1/m[i])+(0.5/m[i+1])
    }
  }
}
fuzzify=c() #Deklarasi Fuzzifikasi
for (i in 1:length(data)){
  for (j in 1:nrow(interval)){
    if (i!=which.max(data)){
      if (data[i]>=(interval[j,1])&data[i]<(interval[j,2])){
        fuzzify[i]=j
        break
      }
    }
    else {
      if (data[i]>=(interval[j,1])&data[i]<=(interval[j,2])){
        fuzzify[i]=j
        break
      }
    }
  }
}
}
```

```

#Membuat FLR
flr <- data.frame(current_state=0, next_state=0)
for(i in 1: length(fuzzify)){
  if(i < length(fuzzify)){
    flr[i,]=c(fuzzify[i],fuzzify[i+1])
  }
  else{
    flr[i,]=c(fuzzify[i],0)
  }
}
print(flr)
#Membuat Matriks Transisi
state=matrix(data=as.vector(table(flr)[,-1]),nrow = nrow(interval), byrow = F)
matriks_transisi = state/rowSums(state)
print(matriks_transisi)
#Menghitung ramalan
ramalan = c()
#Menghitung Koreksi Ramalan
d = c()
for (i in 2:(length(data))){
  ramalan [i] = sum(m*as.vector(matriks_transisi[flr[i-1,1],]))
  d[i] = (interval[1,2]-interval[1,1])*(flr[i-1,1]-flr[i-1,2])/2
}
#Menghitung Ramalan Sebenarnya
ramalan_benar = ramalan + d
#Forecasting
D = (interval[1,2]-interval[1,1])*(flr[length(data),1]-flr[length(data)-1,2])/2
Forecasting= m[flr[length(data),1]]-D

#Menghitung Galat
kesalahan = abs(data-ramalan_benar)
MSE=mean(kesalahan^2, na.rm = TRUE)
MAPE = mean(kesalahan/data*100, na.rm=TRUE)
return(list(ramalan_awal=ramalan,
            data_ramalan = ramalan_benar,
            Forecast = Forecasting,
            MSE = MSE,
            MAPE = MAPE))
}

###Mencoba Fungsi FTSMC pada data yang sudah dipanggil
hasil=fuzzy_tsmc(data,b)
hasil

periode<- c(1:218)
plot(periode,data,
     type="l",
     col="blue",
     ylab="Harga Saham")
par(new=TRUE)
plot(periode, hasil$data_ramalan,
     type="l",col="red", lty=2,
     ylab="Harga Saham", xaxt="n", yaxt="n")
axis(side=4)
legend("topleft", c("data aktual", "data ramalan"), col=c("blue", "red"),lty=c(1,2))

```