



**TUGAS AKHIR- SM141501**

**PREDIKSI INDEKS SAHAM SYARIAH INDONESIA  
MENGUNAKAN MODEL HIDDEN MARKOV**

**RISA SEPTI PRATIWI  
NRP 1213 100 026**

**Dosen Pembimbing:  
Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si**

**DEPARTEMEN MATEMATIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



***FINAL PROJECT- SM141501***

***PREDICTION INDONESIA SHARIA STOCK INDEX USING  
HIDDEN MARKOV MODEL***

***RISA SEPTI PRATIWI  
NRP 1213 100 026***

***Supervisor:  
Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si***

***DEPARTMENT OF MATHEMATICS  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017***

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PREDIKSI INDEKS SAHAM SYARIAH INDONESIA  
MENGUNAKAN MODEL HIDDEN MARKOV**

***PREDICTON INDONESIA SHARIA STOCK INDEX USING  
HIDDEN MARKOV MODEL***

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada  
Bidang Studi Matematika Terapan  
Program Studi S-1 Departemen Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**RISA SEPTI PRATIWI**  
**NRP. 1213 100 026**

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

Dr. Daryono Budi Utomo, M.Si  
NIP. 19590419 198603 1 004

Mengetahui,  
Kepala Departemen Matematika  
FMIPA ITS

Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT  
NIP. 19700831 199403 1 003  
Surabaya, Juli 2017

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **PREDIKSI INDEKS SAHAM SYARIAH INDONESIA MENGUNAKAN MODEL HIDDEN MARKOV**

Nama : Risa Septi Pratiwi  
NRP : 1213 100 026  
Departemen : Matematika FMIPA-ITS  
Pembimbing : Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si

### **ABSTRAK**

Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) merupakan indikator pergerakan harga dari keseluruhan saham syariah yang tercatat di BEI. Model Hidden Markov merupakan perkembangan dari Rantai Markov dengan keadaan pada masa yang akan datang dari suatu urutan tidak hanya ditentukan oleh keadaan saat ini, tetapi juga perpindahan dari suatu urutan state ke urutan state yang lainnya. Urutan state inilah yang merupakan suatu bagian yang tersembunyi dari suatu model Hidden Markov. Dalam Tugas Akhir ini ISSI diprediksi menggunakan model Hidden Markov dengan data yang dipakai adalah periode bulan Januari 2016 sampai Maret 2017. Data selisih indeks saham dibagi menjadi beberapa *state* yaitu 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 *state*. Berdasarkan hasil analisis pada pembagian 4 dan 5 *state* nilai prediksi memiliki kecocokan 100%, sedangkan pada pembagian 3 dan 6 *state* nilai prediksi memiliki kecocokan sebesar 80%. Prediksi ISSI hanya dapat dilakukan sampai 6 *state* karena pada 7 dan 8 *state* tidak memenuhi karakteristik model Hidden Markov.

***Kata Kunci:*** *Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI), Model Hidden Markov, prediksi.*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## ***PREDICTION INDONESIA SHARIA STOCK INDEX USING HIDDEN MARKOV MODEL***

*Name* : Risa Septi Pratiwi  
*NRP* : 1213 100 026  
*Department* : *Mathematics*  
*Supervisor* : Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si

### ***ABSTRACT***

*Indonesia Sharia Stock Index (ISSI) is an indicator of all sharia stock price movement which listed on the BEI. Hidden Markov Model is an expansion of the Markov Chain with the future state of a sequence is not only determined by the current state, but also the transition from a sequence state to another. This sequence state is a hidden part of a Hidden Markov Model. In this Final Project, ISSI is predicted using Hidden Markov Model with the data which is used is from January 2016 to March 2017. Data of stock index difference is divided into several states which are 3, 4, 5, 6, 7, and 8 states. Based on the analysis results, in the division of 4 and 5 states predictive value has a match of 100%, while in the division of 3 and 6 states predictive value has a match of 80%. Prediction of ISSI using Hidden Markov Model can only be done to 6 states, because in 7 and 8 states do not meet the characteristics of Hidden Markov Model.*

***Keywords:*** *Indonesia Sharia Stock Index (ISSI), Hidden Markov Model, prediction*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillahirobbil'aalamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, kasih sayang, serta petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul

### **“PREDIKSI INDEKS SAHAM SYARIAH INDONESIA MENGUNAKAN MODEL HIDDEN MARKOV”**

sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Departemen Matematika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis tidak lupa menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Suprpto dan Ibu Yuli, serta dek Annisa atas do'a dan dukungan yang selalu dicurahkan.
2. Bapak Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT sebagai Kepala Departemen Matematika ITS yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama perkuliahan.
3. Bapak Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan segala arahan, bimbingan, dan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Ibu Endah Rokhmati M. P., Ph.D, Bapak Prof. DR. Mohammad Isa Irawan, MT, Ibu Dra. Titik Mudjiati, M.Si, dan Ibu Tahiyatul Asfihani, S.Si, M.Si, selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

5. Bapak Drs. Suhud Wahyudi, M.Si sebagai dosen wali yang telah memberikan arahan akademik selama penulis kuliah di Departemen Matematika ITS.
6. Bapak Dr. Didik Khusnul Arif, S.Si, M.Si sebagai Kaprodi S1 Departemen Matematika dan Bapak Drs. Iis Herisman, M.Sc sebagai Sekprodi S1 Departemen Matematika atas bantuan dan semua informasi yang diberikan.
7. Bapak dan Ibu dosen serta seluruh staf Departemen Matematika ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
8. Wawan, Ivan, Firda dan Mas Pandi, terimakasih atas bantuan yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman seperjuangan Tugas Akhir yang saling mendukung dan memotivasi satu sama lain.
10. Teman penulis, Nurul, Ayur, Diva, Septia, Frikha dan Azzam yang selalu memberi semangat dan dukungan kepada penulis dari awal hingga akhir.
11. Ciwi-ciwi Basecamp khususnya Isna dan Keka, terimakasih telah memberikan keceriaan, doa, dan dukungan kepada penulis.
12. Teman-teman angkatan 2013 yang telah memberikan pengalaman dan kenangan selama menempuh perkuliahan.

Penulis sangat berharap hasil Tugas Akhir ini dapat bermanfaat. Kritik dan saran yang bersifat membangun juga sangat diharapkan sebagai bahan perbaikan di masa yang akan datang.

Surabaya, Juni 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
DAFTAR SIMBOL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu .....	7
2.2 Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) .....	8
2.3 Model Markov .....	10
2.4 Model Hidden Markov.....	11
2.5 Masalah Dasar Model Hidden Markov.....	13
2.5.1 <i>Evaluation Problem</i> (Menghitung Peluang Observasi) .....	13
2.5.2 <i>Decoding Problem</i> (Menentukan Barisan Keadaan Tersembunyi) .....	15
2.5.3 <i>Learning Problem</i> (Menaksir Parameter- parameter Model Hidden Markov).....	16
BAB III METODE PENELITIAN .....	18

	Hal
3.1 Tahap Penelitian.....	18
3.1.1 Studi Literatur.....	18
3.1.2 Pengumpulan Data .....	18
3.1.3 Implementasi Model Hidden Markov .....	19
3.1.4 Simulasi .....	20
3.1.5 Analisis Hasil Simulasi.....	20
3.1.6 Penarikan Kesimpulan dan Penulisan Laporan Tugas Akhir.....	20
3.2 Alur Penelitian.....	21
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
4.1 Penentuan Parameter Model Hidden Markov ...	22
4.1.1 Pembentukan <i>State</i> dan Peluang <i>State</i> .....	22
4.1.2 Pembentukan Matriks Transisi .....	23
4.1.3 Pembentukan Matriks Emisi.....	24
4.2 Penghitungan Prediksi Parameter ISSI .....	25
4.2.1 Penghitungan Peluang Observasi .....	25
4.2.2 Penentuan Barisan Keadaan Tersembunyi	30
4.2.3 Penaksiran Parameter Model Hidden Markov .....	32
4.3 GUI Prediksi Indeks Saham Syariah Indonesia Menggunakan Model Hidden Markov .....	36
4.4 Analisis Hasil Simulasi .....	37
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>41</b>
5.1 Kesimpulan .....	41
5.2 Saran .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>43</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>83</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Diagram Transisi Model Markov.....	10
Gambar 2.2 Diagram Transisi Model Hidden Markov.....	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	20
Gambar 4.1 Tampilan GUI Prediksi Indeks Saham Syariah Indonesia Menggunakan Model Hidden Markov.....	35

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 4.1 Pembagian 4 <i>State</i> dan Peluang <i>State</i> .....	22
Tabel 4.2 Banyaknya Transisi dari $S_i$ ke $S_j$ Pembagian 4 <i>State</i> .....	22
Tabel 4.3 Peluang Transisi 4 <i>State</i> ( $a_{ij}$ ).....	23
Tabel 4.4 Peluang Observasi Pembagian 4 <i>State</i> .....	24
Tabel 4.5 Hasil dari Tahap Induksi Algoritma <i>Forward</i> pada Pembagian 4 <i>State</i> .....	26
Tabel 4.6 Hasil dari Tahap Induksi Algoritma <i>Backward</i> pada Pembagian 4 <i>State</i> .....	27
Tabel 4.7 Peluang 5 Hari Observasi dari Pembagian 4 <i>State</i> .....	28
Tabel 4.8 Rangkaian dan <i>Path</i> Terbaik Pembagian 4 <i>State</i> .....	29
Tabel 4.9 Peluang Proses pada <i>State</i> ( $i,j$ ) saat $t = 1$ .....	31
Tabel 4.10 Peluang Proses pada <i>State</i> ( $i,j$ ) saat $t = 2$ .....	32
Tabel 4.11 Peluang Proses pada <i>State</i> ( $i,j$ ) saat $t = 3$ .....	32
Tabel 4.12 Peluang Proses pada <i>State</i> ( $i,j$ ) saat $t = 4$ .....	32
Tabel 4.13 Peluang Proses pada <i>State</i> $i$ pada waktu $t$ pada Pembagian 4 <i>State</i> .....	33
Tabel 4.14 Nilai Prediksi ISSI 4 <i>State</i> .....	36

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
LAMPIRAN A Data Penutupan ( <i>Close</i> ) ISSI.....	43
LAMPIRAN B Pembagian 3, 5, 6, 7, dan 8 <i>State</i> .....	55
LAMPIRAN C Kemungkinan Observasi Selama 5 Hari....	57
LAMPIRAN D Listing Program Prediksi ISSI.....	59
LAMPIRAN E Peluang Observasi 3, 5, dan 6 <i>State</i> Selama 5 Hari.....	75
LAMPIRAN F Prediksi ISSI pada Pembagian 3, 5, dan 6 <i>State</i> .....	79

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR SIMBOL

$N$	Banyaknya <i>hidden state</i>
$M$	Banyaknya <i>observable state</i>
$\pi$	Matriks keadaan awal
$A$	Matriks peluang transisi
$B$	Matriks emisi
$T$	Banyaknya pengamatan (observasi)
$t$	Waktu penghitungan pengamatan
$S_i$	<i>State</i> pada saat $i$
$\pi_i$	Peluang <i>state</i> pada saat $i$
$S_{ij}$	Banyaknya transisi dari <i>state</i> $i$ ke <i>state</i> $j$
$a_{ij}$	Peluang transisi dari <i>state</i> $i$ ke <i>state</i> $j$
$S_i(O_t)$	Banyaknya observasi pada saat $t$ pada keadaan $i$
$b_i(O_t)$	Peluang observasi pada saat $t$ pada keadaan $i$
$k$	Keadaan terobservasi
$X$	<i>State</i>
$P$	Peluang
$O$	Observasi
$\delta_t(j)$	Rangkaian terbaik dengan kemungkinan terbesar
$\psi$	<i>Path</i> terbaik pada saat sampai <i>state</i> ke $i$
$\xi_t$	Peluang proses pada waktu $t$
$\gamma_t(i)$	Peluang proses yang berada pada <i>state</i> $i$ pada waktu $t$
$\hat{\pi}$	Taksiran matriks peluang keadaan awal
$\hat{A}$	Taksiran matriks transisi
$\hat{B}$	Taksiran matriks emisi

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini.

### **1.1 Latar Belakang**

Saham adalah surat berharga yang menunjukkan kepemilikan modal dalam suatu perusahaan. Berdasarkan kepemilikan tersebut, pemegang saham berhak untuk mendapatkan bagian hasil dari usaha yang dikelola perusahaan serta menanggung resiko sebesar saham yang dimiliki jika perusahaan mengalami kerugian atau bangkrut. Saham syariah merupakan saham yang diperjual belikan di Pasar Modal Syariah. Pasar Modal Syariah merupakan bagian dari Industri Pasar Modal Indonesia. Secara umum, kegiatan pasar modal syariah sejalan dengan pasar modal pada umumnya. Namun terdapat beberapa karakteristik khusus pasar modal syariah yaitu bahwa produk dan mekanisme transaksi tidak boleh bertentangan dengan prinsip syariah di pasar modal [1].

Harga saham merupakan hal penting yang harus diperhatikan oleh investor ketika akan berinvestasi. Pergerakan naik turunnya harga saham menjadi pertimbangan dalam berinvestasi. Jika harga saham cenderung naik, investor akan tertarik untuk membeli saham. Prediksi indeks saham memberikan solusi bagi para investor untuk menentukan keputusan dalam membeli saham. Pergerakan indeks saham menggambarkan kondisi pasar modal kedepannya.

Di Indonesia terdapat dua indeks saham syariah yang merupakan indikator pergerakan indeks harga saham syariah

di Bursa Efek Indonesia (BEI), yaitu Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) dan Jakarta Islamic Index (JII). Dalam penulisan Tugas Akhir ini hanya difokuskan pada ISSI. ISSI merupakan indikator pergerakan harga dari seluruh saham syariah yang tercatat di Bursa Efek Indonesia (BEI), sedangkan JII merupakan bagian atau subset dari ISSI karena hanya mencakup 30 saham syariah di BEI. Saat ini jumlah konstituen ISSI yang tergabung pada Daftar Efek Syariah (DES) dan tercatat di Bursa Efek Indonesia (BEI) sebanyak 331 saham. Konstituen ISSI akan selalu dikaji ulang dan diperbarui setiap 6 bulan sekali yaitu pada bulan Mei dan November dan dipublikasikan pada awal bulan berikutnya [2].

Salah satu model yang dapat digunakan dalam memprediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) adalah model Hidden Markov. Model Hidden Markov merupakan perkembangan dari rantai Markov dengan keadaan pada masa yang akan datang dari suatu urutan tidak hanya ditentukan oleh keadaan saat ini, tetapi juga perpindahan dari suatu urutan *state* ke urutan *state* yang lainnya. Urutan *state* inilah yang merupakan suatu bagian yang tersembunyi dari suatu model Hidden Markov [3]. Pendekatan prediksi data indeks saham syariah dengan memperhatikan urutan pengamatan yang tersedia ini kemudian diaplikasikan menjadi salah satu implementasi model Hidden Markov.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dalam penulisan Tugas Akhir ini dibahas mengenai prediksi ISSI menggunakan model Hidden Markov. Dengan data ISSI yang diambil adalah data harian indeks penutupan (*close index*) pada periode bulan Januari 2016 sampai dengan Maret 2017 yang bersumber dari Bursa Efek Indonesia (BEI).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, disusun suatu rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana memprediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) dengan menggunakan model Hidden Markov.
2. Bagaimana hasil simulasi prediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) menggunakan *software* MATLAB.
3. Bagaimana analisis keakuratan hasil prediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) dengan menggunakan model Hidden Markov.

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Data Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) yang digunakan adalah indeks penutupan (*close index*) harian antara 4 Januari 2016 hingga 31 Maret 2017.
2. Data yang dianalisis dalam penelitian Tugas Akhir ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari <http://www.duniainvestasi.com/bei/prices/stock> dan bersumber dari Bursa Efek Indonesia (BEI).
3. Data yang diprediksi dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah periode lima hari kedepan.

## 1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Memprediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) dengan menggunakan model Hidden Markov.
2. Mengetahui hasil simulasi prediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) menggunakan *software* MATLAB.
3. Menganalisis keakuratan hasil prediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) dengan menggunakan model Hidden Markov.

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah memperoleh hasil prediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) dengan menggunakan model Hidden Markov, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan investor dalam membeli saham syariah.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini disusun dalam lima bab sebagai berikut:

### 1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang gambaran umum dari penulisan Tugas Akhir yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

### 2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi penelitian terdahulu dan teori-teori yang terkait dengan permasalahan dalam Tugas Akhir ini antara lain Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI), model Markov, Model Hidden Markov, dan masalah dasar model Hidden Markov.

### 3. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan tentang tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir. Tahapan-tahapan tersebut antara lain studi literatur mengenai model Hidden Markov, pengumpulan data Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI), penentuan *state* dan observasi, penghitungan peluang observasi, penentuan barisan keadaan tersembunyi, penaksiran parameter model Hidden Markov, kemudian dilakukan analisis hasil simulasi dengan menggunakan *software* MATLAB. Tahap terakhir adalah melakukan penarikan kesimpulan

berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan.

4. **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini dibahas mengenai model Hidden Markov untuk memprediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI). Antara lain penentuan *state* dan observasi sehingga didapatkan parameter awal untuk memprediksi ISSI menggunakan model Hidden Markov, serta dilakukan simulasi dengan bantuan *software* MATLAB.

5. **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini dijelaskan mengenai penelitian terdahulu dan teori-teori yang mendukung proses prediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) dengan menggunakan model Hidden Markov.

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Berbagai metode peramalan sudah banyak digunakan untuk memprediksi indeks saham syariah. Vaoziah [4] dalam skripsinya meramalkan indeks saham syariah dengan metode *Fuzzy Time Series* Ruey Chyn Tsaur, Anityaloka dan Ambarwati [5] meramalkan *Jakarta Islamic Index (JII)* menggunakan metode ARIMA, dan Muwakhidin [6] meramalkan Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) menggunakan dua model yaitu *Backpropagation Neural Network* dan *Radial Basis Function Neural Network*, dari dua model *Neural Network* tersebut diperoleh hasil bahwa model terbaik adalah model *Backpropagation* karena nilai MAPEnya lebih kecil dari model *Radial Basis Function*.

Dalam penelitian sebelumnya, model Hidden Markov telah banyak digunakan dalam peramalan. Lestari [7] dalam tesisnya yang berjudul “Penerapan Model Hidden Markov pada Peramalan Harga Premium” menerapkan model Hidden Markov untuk meramalkan harga premium dengan menggunakan parameter peluang transisi, ekspektasi, dan varians dari proses observasi. Hasil peramalan harga premium dengan model Hidden Markov memberikan nilai MAPE antara 7,4% – 7,8% (kurang dari 20%) sehingga data ramalan yang dihasilkan mendekati data aktual.

Pandiangan [8] dalam tesisnya yang berjudul “Prediksi Sekuens DNA Berdasarkan Data Ekspresi Gen Menggunakan Model Hidden Markov” menggunakan model Hidden Markov untuk memprediksi sekuens DNA. Sekuens DNA ini dikelompokkan menjadi lima kelompok dan diprediksi berdasarkan data ekspresi gen. Dalam penelitiannya, Pandiangan menggunakan model Hidden Markov dengan algoritma *Viterbi*, asam amino sebagai *observable state* dan rangkaian kodon sebagai *hidden state*. Hasil prediksi dengan data yang sebenarnya memiliki identities sebesar 34% untuk sekuens DNA kelompok satu, 52% untuk sekuens DNA kelompok dua, 71% untuk sekuens DNA kelompok tiga, dan 78% untuk sekuens DNA kelompok empat dan lima.

## **2.2 Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI)**

Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) merupakan indeks saham yang mencerminkan keseluruhan saham syariah yang tercatat di Bursa Efek Indonesia (BEI) sehingga dapat dijadikan indikator pergerakan harga dari seluruh saham syariah yang tercatat di Bursa Efek Indonesia (BEI). Pada dasarnya saham syariah sama seperti saham pada umumnya tetapi dalam pelaksanaannya tidak melanggar prinsip syariat Islam.

Suatu saham dapat dikategorikan sebagai saham syariah jika saham tersebut diterbitkan oleh [9]:

1. Emiten dan Perusahaan Publik yang secara jelas menyatakan dalam anggaran dasarnya bahwa kegiatan usaha Emiten dan Perusahaan Publik tidak bertentangan dengan Prinsip-prinsip syariah.
2. Emiten dan Perusahaan Publik yang tidak menyatakan dalam anggaran dasarnya bahwa kegiatan usaha Emiten dan

Perusahaan Publik tidak bertentangan dengan Prinsip-prinsip syariah, namun memenuhi kriteria sebagai berikut:

- i. kegiatan usaha tidak bertentangan dengan prinsip syariah sebagaimana diatur dalam peraturan IX.A.13, yaitu tidak melakukan kegiatan usaha:
  - perjudian dan permainan yang tergolong judi;
  - perdagangan yang tidak disertai dengan penyerahan barang/jasa;
  - perdagangan dengan penawaran/permintaan palsu;
  - bank berbasis bunga;
  - perusahaan pembiayaan berbasis bunga;
  - jual beli risiko yang mengandung unsur ketidakpastian (*gharar*) dan/atau judi (*maisir*), antara lain asuransi konvensional;
  - memproduksi, mendistribusikan, memperdagangkan dan/atau menyediakan barang atau jasa haram zatnya (*haram li-dzatihi*), barang atau jasa haram bukan karena zatnya (*haram li-ghairihi*) yang ditetapkan oleh DSN-MUI; dan/atau, barang atau jasa yang merusak moral dan bersifat mudarat;
  - melakukan transaksi yang mengandung unsur suap (*risywah*);
- ii. rasio total hutang berbasis bunga dibandingkan total ekuitas tidak lebih dari 82%, dan
- iii. rasio total pendapatan bunga dan total pendapatan tidak halal lainnya dibandingkan total pendapatan usaha dan total pendapatan lainnya tidak lebih dari 10%.

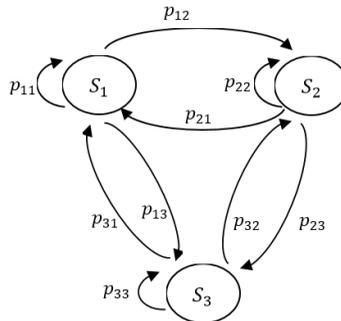
Konstituen ISSI adalah keseluruhan saham syariah yang tercatat di BEI dan terdaftar dalam Daftar Efek Syariah (DES). Saat ini jumlah konstituen ISSI sebanyak 331 saham. Konstituen ISSI akan selalu dikaji ulang dan diperbarui setiap 6 bulan sekali yaitu pada bulan Mei dan November dan dipublikasikan pada awal bulan berikutnya. Otoritas Jasa Keuangan (OJK) adalah lembaga yang berwenang meninjau konstituen ISSI yang terdaftar

di DES dan melakukan penyesuaian apabila ada saham syariah yang baru tercatat atau dihapuskan dari DES [2].

### 2.3 Model Markov

Model Markov biasanya disebut sebagai *Markov Chain* (Rantai Markov) atau *Markov Process*. Rantai markov merupakan bentuk khusus dari model *probabilistic* yang lebih umum dan dikenal sebagai proses stokastik (*stochastic process*). Analisis Markov adalah suatu bentuk metode kuantitatif yang digunakan untuk menghitung probabilitas perubahan-perubahan yang terjadi berdasarkan probabilitas perubahan selama periode waktu tertentu. Berdasarkan teori ini, maka probabilitas suatu sistem yang mempunyai kondisi tertentu sesudah waktu tertentu akan tergantung pada kondisi saat ini. Pada dasarnya nilai ke- $i$  pada markov chain hanya bergantung pada nilai ke- $(i - 1)$  atau nilai sebelumnya [8].

Proses markov memiliki beberapa sifat umum. Sifat umum dari proses Markov adalah  $f(X_n|X_{n-1}, \dots, X_1) = f(X_n|X_{n-1})$ . Bila keadaan sekarang diketahui, masa lalu independen dengan masa akan datang, bila  $k < m < n$  maka  $f(X_n, X_k|X_m) = f(X_n|X_m)f(X_k|X_m)$ . Rantai markov juga memiliki beberapa asumsi yang harus diketahui. Diantaranya bahwa jumlah peluang transisi keadaan adalah 1, peluang transisi akan selalu bernilai tetap dan peluang transisi hanya tergantung pada status sekarang, bukan pada periode sebelumnya [8].



**Gambar 2.1.** Diagram Transisi Model Markov

## 2.4 Model Hidden Markov

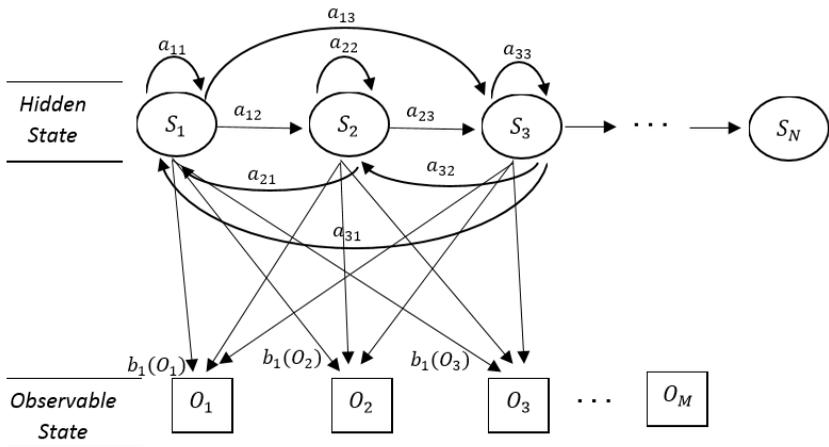
Model Hidden Markov merupakan model yang menggabungkan dua atau lebih rantai Markov dengan hanya satu rantai yang terdiri dari *state* yang dapat diobservasi dan rantai lainnya membentuk *state* yang tidak dapat diobservasi (*hidden*). Dalam model Markov biasa, setiap keadaan dapat terlihat langsung oleh pengamat. Oleh karena itu, kemungkinan dari transisi antar kondisi menjadi satu-satunya parameter teramat. Tetapi terkadang ada urutan dari suatu keadaan yang ingin diketahui tetapi tidak dapat diamati. Kelebihan dari model Hidden Markov ini dapat memodelkan keadaan yang tersembunyi. Dalam model Hidden Markov, keadaan tidak terlihat secara langsung, tetapi output yang bergantung terhadap keadaan tersebut terlihat. Urutan langkah yang dibuat oleh model Hidden Markov memberikan suatu informasi tentang urutan dari keadaan. Perlu dipahami bahwa sifat *hidden* ‘tersembunyi’ menunjuk kepada kondisi langkah yang dilewati model, bukan kepada parameter dari model tersebut. Walaupun parameter model diketahui, model tersebut tetap tersembunyi [10].

Jika  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_T\}$  adalah sebuah proses markov dan  $O = \{O_1, O_2, \dots, O_T\}$  adalah sebuah fungsi dari  $X$ , maka  $X$  adalah

sebuah model Hidden Markov yang dapat diobservasi melalui  $O$ , atau dapat ditulis  $O = f(X)$  untuk suatu fungsi  $f$ . Parameter  $X$  menyatakan proses parameter-parameter yang tersembunyi, sementara parameter  $O$  menyatakan proses parameter-parameter yang diamati [11].

Sebuah model Hidden Markov dikarakteristikan dengan parameter berikut:

1.  $N$ , banyaknya elemen keadaan tersembunyi (*hidden state*) pada model.
2.  $M$ , banyaknya elemen keadaan yang terobservasi (*observable state*).
3.  $A = \{a_{ij}\}$ , matriks peluang transisi dimana  $a_{ij}$  adalah elemen dari  $A$  yang merupakan peluang bersyarat dari keadaan pada saat  $t + 1$ , jika diketahui keadaan  $X$  pada saat  $t$ , atau  $a_{ij} = P(X_{t+1} = j | X_t = i)$ , dimana  $1 \leq i, j \leq N$ . Matriks  $A$  berukuran  $N \times N$  dan  $a_{ij} \geq 0$  untuk setiap  $1 \leq i, j \leq N$  dan  $\sum_{j=1}^N a_{ij} = 1$  untuk setiap  $1 \leq i \leq N$ , artinya jumlah elemen masing-masing baris adalah 1.
4.  $B = \{b_i(k)\}$ , distribusi peluang observasi pada saat  $t$  pada keadaan  $i$ , yang biasa dikenal dengan matriks emisi, dimana  $b_i(k) = P(O_t = k | X_t = i)$ ,  $1 \leq i \leq N$ ,  $1 \leq k \leq M$ . Misalkan variabel acak dari suatu keadaan terobservasi adalah  $k$  dengan  $k = 1, 2, \dots, M$ , maka matriks  $B$  adalah matriks berukuran  $N \times M$  dan jumlah elemen setiap baris adalah 1.
5.  $\pi = \{\pi_i\}$ ,  $\pi_i = P(q_1 = S_i)$ , himpunan distribusi keadaan awal *state*.



**Gambar 2.2.** Diagram Transisi Model Hidden Markov dari nilai  $\mathcal{S}$ -tuple  $(N, M, A, B, \text{ dan } \pi)$  terdapat tiga komponen yang merupakan ukuran (peluang), yaitu  $A, B, \text{ dan } \pi$ . Sehingga model Hidden Markov dapat dituliskan dalam notasi  $\lambda = (A, B, \pi)$  [12].

## 2.5 Masalah Dasar Model Hidden Markov

Ada tiga permasalahan khusus yang harus dipecahkan agar model Hidden Markov dapat digunakan dalam suatu aplikasi nyata diantaranya:

### 2.5.1 Evaluation Problem (Menghitung Peluang Observasi)

Pengertian dari operasi evaluasi dalam model Hidden Markov adalah penghitungan peluang dari urutan nilai observasi yang diberikan oleh model Hidden Markov. Masalah ini dapat diselesaikan dengan algoritma *Forward* dan algoritma *Backward*. Pada bagian ini akan dicari peluang dari bagian observasi ( $P(O|\lambda)$ ). Menurut Rabiner (1989), secara umum algoritma *Forward* terdiri atas tiga bagian, yaitu [13]:

1. Tahap inisialisasi

$$\alpha_1(i) = \pi_i b_i(O_1) \text{ dengan } 1 \leq i \leq N \quad (2.1)$$

2. Tahap induksi

$$\alpha_{t+1}(j) = \left[ \sum_{i=1}^N \alpha_t(i) a_{ij} \right] b_j(O_{t+1})$$

$$\text{dengan } 1 \leq t \leq T - 1, 1 \leq j \leq N \quad (2.2)$$

3. Tahap terminasi

$$P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^N \alpha_T(i) \quad (2.3)$$

Langkah algoritma *Backward* hampir sama dengan algoritma *Forward*. Namun bedanya, pada algoritma *Backward* inisialisasi didasarkan pada seluruh observasi yang ada. Tahap-tahap algoritma *Backward* dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap inisialisasi

$$\beta_T(i) = 1 \text{ untuk } 1 \leq i \leq N \quad (2.4)$$

Pada tahap ini dinyatakan  $\beta_T(i) = 1$  karena diasumsikan  $i$  adalah *state* final, dan bernilai nol untuk  $i$  yang lainnya.

2. Tahap induksi

$$\beta_t(i) = \sum_{j=1}^N b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j) a_{ij}$$

$$\text{untuk } t = T - 1, T - 2, \dots, 1 \text{ dan } 1 \leq i \leq N \quad (2.5)$$

3. Tahap terminasi

$$P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^N b_i(O_1) \pi_i \beta_1(i) \quad (2.6)$$

### 2.5.2 Decoding Problem (Menentukan Barisan Keadaan Tersembunyi)

Pengertian dari *decoding problem* dalam *Hidden Markov Model* adalah penarikan kesimpulan berdasarkan asumsi yang diperoleh dari nilai peluang observasi yang didapat sebelumnya pada operasi evaluasi. Operasi ini juga sering kali digunakan untuk mencari nilai optimum. Masalah ini dapat diselesaikan dengan Algoritma Viterbi. Algoritma Viterbi adalah sebuah algoritma pemrograman dinamis yang berfungsi untuk menemukan urutan statement yang disembunyikan.

Langkah-langkah dalam algoritma Viterbi untuk menentukan barisan *state* terbaik yaitu [13]:

#### 1. Tahap inisialisasi

$$\delta_1(i) = \pi_i b_i(O_1) \text{ dengan } 1 \leq i \leq N \quad (2.7)$$

$$\psi_1(i) = 0 \quad (2.8)$$

#### 2. Tahap rekursi

$$\delta_t(j) = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}] \cdot b_j(O_t) \quad (2.9)$$

dengan  $2 \leq t \leq T, 1 \leq j \leq N$

$$\psi_t(i) = \arg \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}] \quad (2.10)$$

dengan  $2 \leq t \leq T, 1 \leq j \leq N$

#### 3. Tahap terminasi

$$P^* = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)] \quad (2.11)$$

$$X_T^* = \arg \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)] \quad (2.12)$$

4. Tahap *backtracking*

$$X_T^* = \psi_{t+1}(X_{t+1}^*), \text{ dimana } t = T - 1, T - 2, \dots, 1 \quad (2.13)$$

### 2.5.3 *Learning Problem* (Menaksir Parameter-parameter Model Hidden Markov)

Pengertian dari operasi *learning* dalam *Hidden Markov Model* adalah membuat parameter-parameter baru *Hidden Markov Model* jika diberikan dataset barisan-barisan tertentu agar dapat menemukan himpunan transisi *state* yang paling mungkin beserta peluang hasilnya. Untuk menyelesaikan permasalahan *learning* digunakan algoritma Baum-Welch. Algoritma ini secara umum berfungsi menentukan nilai harapan dan maksimalisasi.

Langkah-langkah dalam algoritma Baum-Welch untuk menaksir parameter yaitu [13]:

1. Mencari peluang proses berada pada *state*  $i$  pada waktu  $t$  dan berada pada *state*  $j$  pada waktu  $t$

$$\xi_t(i, j) = \frac{\alpha_t(i)a_{ij}b_j(O_{t+1})\beta_{t+1}(j)}{P(O|\lambda)} \quad (2.14)$$

2. Mencari peluang proses berada pada *state*  $i$  pada waktu  $t$

$$\gamma_t(i) = \sum_{j=1}^N \xi_t(i, j) \quad (2.15)$$

3. Menaksir parameter  $\hat{\pi}$ ,  $\hat{A}$ , dan  $\hat{B}$

Terdapat aspek penting dari penaksiran parameter model Hidden Markov yaitu  $\sum_{i=1}^N \hat{\pi}_i = 1$  dengan  $\hat{\pi}_i =$  peluang pada *state*  $i$  pada waktu ( $t = 1$ )  $= \gamma_1(i)$ .

Jadi, penaksiran parameter  $\hat{\pi}$ ,  $\hat{A}$ , dan  $\hat{B}$  dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\hat{\pi}_i = \gamma_1(i), \quad 1 \leq i \leq N \quad (2.16)$$

$$\hat{a}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} \xi_t(i,j)}{\sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t(i)}, \quad 1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq N \quad (2.17)$$

$$\hat{b}_j(k) = \frac{\sum_{t=1}^T O_{t=k} \gamma_t(j)}{\sum_{t=1}^T \gamma_t(j)}, \quad 1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq M \quad (2.18)$$

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Pada bab ini dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir. Metode penelitian yang digunakan dalam Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa tahap penelitian dan diberikan diagram alur untuk mempermudah memahami tahapan-tahapan pengerjaan Tugas Akhir.

#### **3.1 Tahap Penelitian**

Berikut adalah tahap-tahap yang dilakukan pada pengerjaan Tugas Akhir ini.

##### **3.1.1 Studi Literatur**

Pada tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan dan pemahaman teori dengan mencari referensi yang menunjang penelitian. Referensi yang digunakan adalah buku-buku literatur, jurnal ilmiah, Tugas Akhir, Tesis, maupun artikel dari internet. Dengan tujuan untuk mempelajari lebih mendalam mengenai Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI), model Markov, model Hidden Markov, dan algoritma-algoritma yang digunakan dalam model Hidden Markov.

##### **3.1.2 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam pengerjaan Tugas Akhir. Data yang digunakan adalah data Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) yang diambil dari <http://www.duniainvestasi.com> dan bersumber dari Bursa Efek Indonesia (BEI). Data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah data harian indeks penutupan (*close index*) periode Januari 2016 sampai dengan Maret 2017 sejumlah 302 data. Selanjutnya data periode 5 hari pada bulan April 2017 digunakan sebagai perbandingan dengan nilai prediksi.

### 3.1.3 Implementasi Model Hidden Markov

Tahap selanjutnya yang dilakukan yaitu implementasi model Hidden Markov untuk memprediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI). Terlebih dahulu dihitung selisih data indeks saham hari ini dengan indeks saham kemarin, kemudian data selisih indeks saham tersebut diklasifikasikan menjadi beberapa *state* yang berupa interval.

Ada beberapa langkah yang dikerjakan yaitu:

#### 1. Menentukan parameter model Hidden Markov

- Menentukan nilai  $N$  (jumlah *state* dalam model)
- Menentukan nilai  $M$  (jumlah pengamatan setiap *state*)
- Menentukan nilai *Probability Distribution Vector* ( $\pi$ ) atau nilai himpunan distribusi awal  $\pi = [\pi_i]$ .
- Menentukan nilai *Transition Probability Matrix* atau matriks peluang transisi ( $A = [a_{ij}]$ ) yang akan menghasilkan matriks  $A$  dengan ordo  $N \times N$ .

$$A = [a_{ij}] = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{N1} & \dots & a_{NN} \end{pmatrix}$$

- Menentukan nilai *Emission Probability Matrix* atau nilai matriks peluang bersyarat ( $B = [b_1(k)]$ ) yang akan menghasilkan matriks  $B$  dengan ordo  $N \times M$ .

$$B = [b_i(k)] = \begin{pmatrix} b_{11} & \dots & b_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{N1} & \dots & b_{NM} \end{pmatrix}$$

#### 2. Menghitung prediksi parameter ISSI

Untuk menghitung prediksi parameter ISSI dengan menggunakan model Hidden Markov terdapat tiga langkah yang harus dilakukan yaitu:

- Menghitung peluang observasi dengan menggunakan algoritma *Forward* dan algoritma *Backward*.
- Menentukan barisan keadaan tersembunyi dengan menggunakan algoritma *Viterbi*.
- Menaksir parameter model Hidden Markov dengan menggunakan algoritma *Baum-Welch*.

#### **3.1.4 Simulasi**

Pada tahap ini akan dibuat simulasi dari matriks yang telah didapatkan dengan menggunakan *software* MATLAB. Simulasi ini digunakan untuk memprediksi indeks saham syariah.

#### **3.1.5 Analisis Hasil Simulasi**

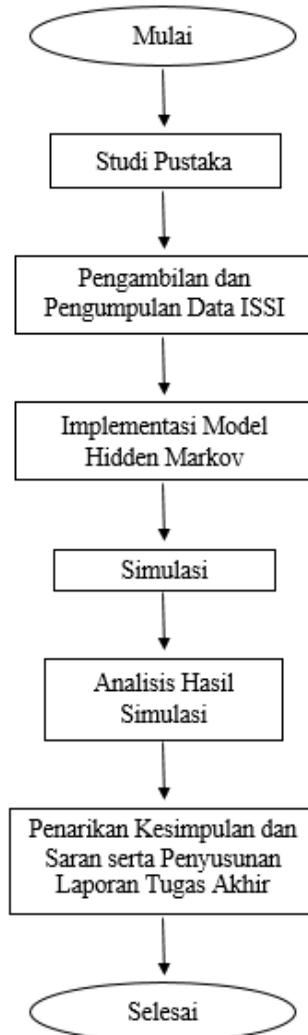
Pada tahap ini dilakukan analisis dari hasil simulasi. Analisis yang dilakukan yaitu menganalisis keakuratan hasil dari prediksi dengan menggunakan Hidden Markov. Setelah didapat nilai prediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) maka akan dilakukan perbandingan ISSI hasil prediksi dengan ISSI aktual.

#### **3.1.6 Penarikan Kesimpulan dan Penulisan Laporan Tugas Akhir**

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil prediksi ISSI menggunakan model Hidden Markov. Setelah menarik kesimpulan, penulis akan melakukan penyusunan laporan Tugas Akhir.

### 3.2 Alur Penelitian

Alur penelitian dalam pengerjaan Tugas Akhir ini disajikan pada Gambar 3.1.



## BAB IV

**Gambar 3.1.** Diagram Alir Penelitian

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan analisis dan pembahasan mengenai tahapan dalam memprediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) menggunakan model Hidden Markov. Pembahasan meliputi penentuan parameter model Hidden Markov, penghitungan prediksi parameter ISSI, simulasi, dan kemudian dilakukan analisis hasil simulasi.

### 4.1 Penentuan Parameter Model Hidden Markov

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu indeks penutupan (*close index*) ISSI dari 4 Januari 2016 sampai 31 Maret 2017 yang berjumlah 302 data. Dari data tersebut diperoleh 301 data selisih indeks saham hari ini dengan indeks saham kemarin yang dapat dilihat pada Lampiran A.

Untuk menentukan parameter, terlebih dahulu data selisih indeks saham hari ini dengan indeks saham kemarin diklasifikasikan menjadi beberapa *state* yang berupa interval. Selanjutnya akan dibentuk matriks peluang keadaan awal, matriks transisi, dan matriks emisi.

#### 4.1.1 Pembentukan *State* dan Peluang *State*

Pada bagian ini dibentuk *state* berupa interval dari data selisih indeks saham hari ini dengan indeks saham kemarin. Dalam Tugas Akhir ini penulis membagi data selisih indeks saham ke dalam 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 *state*. Setelah itu ditentukan peluang kemunculan dari masing-masing *state* dengan  $\pi_i = \frac{S_i}{\text{banyak data}}$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$

Nilai maksimum dari data selisih indeks saham yang diperoleh adalah 4.536 dan nilai minimum yang diperoleh adalah (-7.665). Kemudian dicari selisih dari nilai maksimum dan nilai

minimum yaitu  $4.536 - (-7.665) = 12.201$ , selanjutnya dibagi menjadi 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 interval. Interval pembagian 4 *state* dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan interval pembagian 3, 5, 6, 7, dan 8 *state* dapat dilihat pada Lampiran B.

**Tabel 4.1** Pembagian 4 *State* dan Peluang *State*

<i>State</i>	Interval	Banyak data	Peluang	Nilai
$S_1$	[-7.6650, -4.6147)	1	$\pi_1$	0.0033
$S_2$	[-4.6147, -1.5645)	32	$\pi_2$	0.1063
$S_3$	[-1.5645, 1.4858)	227	$\pi_3$	0.7542
$S_4$	[1.4858, 4.5360]	41	$\pi_4$	0.1362

Data yang termasuk  $S_1 = 1$ ,  $S_2 = 32$ ,  $S_3 = 227$ , dan  $S_4 = 41$ . Jadi matriks peluang keadaan awal  $\pi = [0.0033 \quad 0.1063 \quad 0.7542 \quad 0.1362]$ .

#### 4.1.2 Pembentukan Matriks Transisi

Pada bagian ini dihitung transisi dari masing-masing *state*. Transisi dari  $S_i$  ke  $S_j$  merupakan transisi dari selisih indeks saham hari ini ke selisih indeks saham besok, dilambangkan  $S_{ij}$  dengan  $i = 1, 2, \dots, N$  dan  $j = 1, 2, \dots, N$ . Banyak transisi pada pembagian 4 *state* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Banyaknya Transisi dari  $S_i$  ke  $S_j$  Pembagian 4 *State*

$i \backslash j$	1	2	3	4	Jumlah
1	0	1	0	0	1
2	0	4	20	8	32
3	0	21	177	28	226
4	1	6	29	5	41

Selisih indeks saham hari terakhir adalah  $(-0.502)$ . Pada pembagian 4 *state* selisih indeks saham hari terakhir berada pada

interval  $S_3$  dan tidak ada transisi *state* setelah hari terakhir, maka banyak data yang termasuk  $S_1 = 1, S_2 = 32, S_3 = 227 - 1 = 226$ , dan  $S_4 = 41$ . Kemudian peluang transisi *state* didapatkan dari pembagian transisi masing-masing *state*,  $a_{ij} = \frac{S_{ij}}{S_i}$ . Peluang transisi dari masing-masing *state* untuk pembagian 4 *state* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Peluang Transisi 4 *State* ( $a_{ij}$ )

$i \backslash j$	1	2	3	4	Jumlah
1	0	1	0	0	1
2	0	0.1250	0.6250	0.2500	1
3	0	0.0929	0.7832	0.1239	1
4	0.0244	0.1463	0.7073	0.1220	1

Selanjutnya diperoleh matriks peluang transisi *state* berukuran  $4 \times 4$  sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1250 & 0.6250 & 0.2500 \\ 0 & 0.0929 & 0.7832 & 0.1239 \\ 0.0244 & 0.1463 & 0.7073 & 0.1220 \end{bmatrix}$$

#### 4.1 3 Pembentukan Matriks Emisi

Pada bagian ini dihitung peluang observasi dari masing-masing *state*. Banyaknya observasi dari setiap *state* dilambangkan  $S_i(k)$  dengan  $i = 1, 2, \dots, N$  dan  $k = 1$  (*Naik*), 2 (*Turun*). Untuk menentukan *observable state*, data selisih indeks saham diklasifikasikan menjadi Naik atau *Up* (U) dan Turun atau *Down* (D). Naik untuk nilai selisih indeks yang besarnya lebih dari nol dan Turun untuk nilai selisih indeks yang besarnya kurang dari nol.

Selanjutnya peluang observasi dari masing-masing *state* didapatkan dari pembagian  $S_i(k)$  terhadap  $S_i$  atau dapat ditulis

$b_i(k) = \frac{S_i(k)}{S_i}$ . Kemudian dibentuk matriks emisi. Banyaknya observasi dan peluang observasi dari masing-masing *state* untuk pembagian 4 *state* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Peluang Observasi Pembagian 4 *State*

<i>State</i>	$k = 1$ ( <i>naik</i> )	$k = 2$ ( <i>turun</i> )	Peluang	$k = 1$ ( <i>naik</i> )	$k = 2$ ( <i>turun</i> )
$S_1$	0	1	$b_1(k)$	0	1
$S_2$	0	32	$b_2(k)$	0	1
$S_3$	116	111	$b_3(k)$	0.5110	0.4890
$S_4$	41	0	$b_4(k)$	1	0

Selanjutnya diperoleh matriks emisi berukuran  $4 \times 2$  sebagai berikut:

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0.5110 & 0.4890 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

## 4.2 Penghitungan Prediksi Parameter ISSI

Pada penelitian Tugas Akhir ini, peneliti memilih lima hari untuk diprediksi. Untuk menghitung prediksi ISSI dengan menggunakan model Hidden Markov terdapat tiga langkah yang dilakukan yaitu penghitungan peluang observasi, penentuan barisan keadaan tersembunyi, dan penaksiran parameter ISSI.

### 4.2.1 Penghitungan Peluang Observasi

Permasalahan pertama yaitu penghitungan peluang observasi yang diselesaikan dengan menggunakan algoritma *Forward* dan algoritma *Backward*. Dalam Tugas Akhir ini diprediksi indeks saham untuk periode 5 hari ( $T = 5$ ), jadi terdapat  $2^5$  kemungkinan yang dapat dilihat pada Lampiran C.

Selanjutnya dihitung peluang dari setiap kemungkinan observasi menggunakan algoritma *Forward* dan algoritma *Backward*. Langkah-langkah untuk menghitung peluang observasi menggunakan algoritma *Forward* terdiri dari tiga tahap yaitu tahap inisialisasi, tahap induksi, dan tahap terminasi. Pada tahap inisialisasi digunakan persamaan (2.1).

$$\alpha_1(i) = \pi_i b_i(O_1) \text{ dengan } 1 \leq i \leq N$$

nilai  $\pi_i$  diperoleh dari Tabel 4.1 dan nilai  $b_i(O_1)$  diperoleh dari Tabel 4.4. Sehingga tahap inisialisasi untuk pembagian 4 *state* yaitu:

- Untuk  $O_1 = \text{naik}$

$$\alpha_1(1) = \pi_1 b_1(O_1) = (0.0033)(0) = 0$$

$$\alpha_1(2) = \pi_2 b_2(O_1) = (0.1063)(0) = 0$$

$$\alpha_1(3) = \pi_3 b_3(O_1) = (0.7542)(0.5110) = 0.3854$$

$$\alpha_1(4) = \pi_4 b_4(O_1) = (0.1362)(1) = 0.1362$$

- Untuk  $O_2 = \text{turun}$

$$\alpha_1(1) = \pi_1 b_1(O_1) = (0.0033)(1) = 0.0033$$

$$\alpha_1(2) = \pi_2 b_2(O_1) = (0.1063)(1) = 0.1063$$

$$\alpha_1(3) = \pi_3 b_3(O_1) = (0.7542)(0.4890) = 0.3688$$

$$\alpha_1(4) = \pi_4 b_4(O_1) = (0.1362)(0) = 0$$

Kemudian pada tahap induksi dihitung berdasarkan persamaan (2.2) dimana  $\alpha_1(i)$  diperoleh dari tahap inisialisasi,  $a_{ij}$

diperoleh dari Tabel 4.3, dan  $b_j(O_{t+1})$  diperoleh dari Tabel 4.4. Untuk  $O_1 = \text{naik}$ ,  $O_2 = \text{naik}$ ,  $O_3 = \text{naik}$ ,  $O_4 = \text{naik}$ , dan  $O_5 = \text{naik}$  diperoleh hasil pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Hasil dari Tahap Induksi Algoritma *Forward* pada Pembagian 4 *State* untuk  $O = (\text{naik}, \text{naik}, \text{naik}, \text{naik}, \text{naik})$

$j$	1	2	3	4
$\alpha_2(j)$	0	0	0.2035	0.0644
$\alpha_3(j)$	0	0	0.1047	0.0331
$\alpha_4(j)$	0	0	0.0539	0.0170
$\alpha_5(j)$	0	0	0.0277	0.0087

Selanjutnya pada tahap terminasi dihitung besarnya peluang observasi menggunakan persamaan (2.3) dengan  $\alpha_T(i)$  yang diperoleh dari tahap induksi. Karena  $T = 5$  maka peluang observasi pada pembagian 4 *state* sebesar

$$P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^N \alpha_5(i) = 0 + 0 + 0.0277 + 0.0087 = 0.0364$$

Untuk menghitung kemungkinan peluang observasi yang lain digunakan cara yang sama seperti di atas. Selanjutnya langkah-langkah untuk menghitung algoritma *Backward* juga terdiri dari tiga tahap seperti algoritma *Forward*, namun bedanya pada algoritma *Backward* inisialisasi didasarkan pada seluruh observasi yang ada. Pada tahap inisialisasi digunakan persamaan (2.4) yaitu

$$\beta_T(i) = 1$$

Karena  $T = 5$  maka pada pembagian 4 *state*

$$\beta_5(1) = \beta_5(2) = \beta_5(3) = \beta_5(4) = 1$$

Kemudian pada tahap induksi digunakan persamaan (2.5) dimana  $b_j(O_{t+1})$  diperoleh dari Tabel 4.4,  $\beta_5(i)$  diperoleh dari tahap inisialisasi, dan  $a_{ij}$  diperoleh dari Tabel 4.3. Untuk  $O_5 = \text{naik}$ ,  $O_4 = \text{naik}$ ,  $O_3 = \text{naik}$ , dan  $O_2 = \text{naik}$  diperoleh hasil pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Hasil dari Tahap Induksi Algoritma *Backward* pada Pembagian 4 *State* untuk  $O = (\text{naik}, \text{naik}, \text{naik}, \text{naik}, \text{naik})$

$i$	1	2	3	4
$\beta_4(i)$	0	0.5694	0.5241	0.4834
$\beta_3(i)$	0	0.2882	0.2697	0.2484
$\beta_2(i)$	0	0.1482	0.1387	0.1278
$\beta_1(i)$	0	0.0762	0.0713	0.0657

Selanjutnya pada tahap terminasi dihitung besarnya peluang observasi menggunakan persamaan (2.6) dimana  $b_i(O_1)$  diperoleh dari Tabel 4.4,  $\pi_i$  diperoleh dari Tabel 4.1, dan  $\beta_1(i)$  diperoleh dari tahap induksi. Jadi peluang observasi dari pembagian 4 *state* sebesar

$$P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^N b_i(O_1) \pi(i) \beta_1(i) = 0.0364$$

Untuk menghitung kemungkinan peluang observasi yang lain digunakan cara yang sama seperti di atas. Dari hasil proses di atas, selanjutnya nilai  $\alpha_t(i)$  dan  $\beta_{t+1}(j)$  akan digunakan untuk penghitungan peluang proses pada *learning problem*.

Dalam Tugas Akhir ini penulis menggunakan *software* MATLAB untuk menghitung besarnya peluang dari masing-masing kemungkinan observasi yang dapat dilihat pada Lampiran

D. Peluang dari masing-masing kemungkinan observasi pada pembagian 4 *state* disajikan dalam Tabel 4.7, sedangkan untuk pembagian 3, 5, dan 6 *state* dapat dilihat pada Lampiran E.

**Tabel 4.7** Peluang 5 Hari Observasi dari Pembagian 4 *State*

No	Observable State	Peluang	No	Observable State	Peluang
1	U, U, U, U, U	0.0364	17	D, U, U, U, U	0.0344
2	U, U, U, U, D	0.0344	18	D, U, U, U, D	0.0325
3	U, U, U, D, U	0.0353	19	D, U, U, D, U	0.0333
4	U, U, U, D, D	0.0316	20	D, U, U, D, D	0.0298
5	U, U, D, U, U	0.0352	21	D, U, D, U, U	0.0334
6	U, U, D, U, D	0.0335	22	D, U, D, U, D	0.0318
7	U, U, D, D, U	0.0329	23	D, U, D, D, U	0.0313
8	U, U, D, D, D	0.0286	24	D, U, D, D, D	0.0272
9	U, D, U, U, U	0.0353	25	D, D, U, U, U	0.0316
10	U, D, U, U, D	0.0333	26	D, D, U, U, D	0.0299
11	U, D, U, D, U	0.0343	27	D, D, U, D, U	0.0308
12	U, D, U, D, D	0.0309	28	D, D, U, D, D	0.0277
13	U, D, D, U, U	0.0329	29	D, D, D, U, U	0.0286
14	U, D, D, U, D	0.0313	30	D, D, D, U, D	0.0272
15	U, D, D, D, U	0.0298	31	D, D, D, D, U	0.0260
16	U, D, D, D, D	0.0260	32	D, D, D, D, D	0.0227

Dari hasil penghitungan tersebut, peluang terbesar yang diperoleh dari pembagian 4 *state* adalah 0.0364 yaitu barisan observasi  $O = (naik, naik, naik, naik, naik)$ .

#### 4.2.2 Penentuan Barisan Keadaan Tersembunyi

Permasalahan kedua dalam model Hidden Markov adalah penentuan barisan keadaan tersembunyi yang paling optimal. Permasalahan ini diselesaikan menggunakan algoritma *Viterbi* dengan barisan observasi yang digunakan adalah hasil algoritma *Forward* dan algoritma *Backward* yaitu  $O = (naik, naik, naik, naik, naik)$ .

Untuk menentukan barisan keadaan tersembunyi dilakukan beberapa tahap yaitu tahap inisialisasi, tahap rekursi, tahap terminasi, dan tahap *backtracking*. Tahap inisialisasi dihitung menggunakan persamaan (2.7) dan (2.8). Untuk  $O_1 = 1(naik)$ , nilai  $\pi_i$  diperoleh dari Tabel 4.1 dan nilai  $b_i(O_1)$  diperoleh dari Tabel 4.4 sehingga

$$\delta_1(1) = \pi_1 b_1(O_1) = (0.0033)(0) = 0$$

$$\delta_1(2) = \pi_2 b_2(O_1) = (0.01063)(0) = 0$$

$$\delta_1(3) = \pi_3 b_3(O_1) = (0.7542)(0.511) = 0.3854$$

$$\delta_1(4) = \pi_4 b_4(O_1) = (0.1362)(1) = 0.1362$$

$$\psi_1(1) = \psi_1(2) = \psi_1(3) = \psi_1(4) = 0$$

Selanjutnya pada tahap rekursi digunakan persamaan (2.9) dan (2.10) dengan menggunakan *software* MATLAB. Untuk  $2 \leq t \leq 5$  dan  $O_2 = 1(naik), O_3 = 1(naik), O_4 = 1(naik)$ , dan  $O_5 = 1(naik)$  diperoleh hasil pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Rangkaian dan *Path* Terbaik Pembagian 4 *State*

j	$\delta_2(j)$	$\psi_2(j)$	$\delta_3(j)$	$\psi_3(j)$	$\delta_4(j)$	$\psi_4(j)$	$\delta_5(j)$	$\psi_5(j)$
1	0	4	0	4	0	4	0	4

2	0	3	0	3	0	3	0	3
3	0.1542	3	0.0617	3	0.0247	3	0.0099	3
4	0.0477	3	0.0191	3	0.0076	3	0.0031	3

Kemudian pada tahap terminasi digunakan persamaan (2.11) dan (2.12). Dengan memasukkan nilai yang diperoleh dari Tabel 4.8 didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P^* &= \max\{\delta_5(1), \delta_5(2), \delta_5(3), \delta_5(4)\} \\
 &= \max\{0, 0, 0.0099, 0.0031\} = 0.0099
 \end{aligned}$$

$$X_5^* = \arg \max\{\delta_5(1), \delta_5(2), \delta_5(3), \delta_5(4)\} = 3 (S_3)$$

Dan tahap terakhir yaitu tahap *backtracking*. Digunakan persamaan (2.13) untuk mengetahui barisan keadaan tersembunyi sebagai berikut:

$$X_T^* = \psi_{t+1}(X_{t+1}^*), \text{ dimana } t = T - 1, T - 2, \dots, 1$$

- $X_4^* = \psi_5(X_5^*) = \psi_5(3) = 3(S_3)$
- $X_3^* = \psi_4(X_4^*) = \psi_4(3) = 3(S_3)$
- $X_2^* = \psi_3(X_3^*) = \psi_3(3) = 3(S_3)$
- $X_1^* = \psi_2(X_2^*) = \psi_2(3) = 3(S_3)$

Jadi barisan keadaan tersembunyi yang paling optimal adalah  $X^* = \{S_3, S_3, S_3, S_3, S_3\}$ .

### 4.2.3 Penaksiran Parameter Model Hidden Markov

Agar model Hidden Markov dapat digunakan untuk waktu yang akan datang tanpa menentukan ulang parameter input maka dilakukan penaksiran parameter-parameter model Hidden Markov yang optimal dari data yang diolah dengan menggunakan algoritma *Baum-Welch*.

Dengan menggunakan algoritma *Baum-Welch* dapat dicari penaksir parameter model Hidden Markov yaitu  $\hat{\lambda} = (\hat{A}, \hat{B}, \hat{\pi})$ . Penaksir inilah yang nantinya akan menghasilkan  $P(O|\hat{\lambda}) \geq P(O|\lambda)$ . Langkah pertama untuk menaksir parameter model Hidden Markov yaitu mencari peluang proses pada *State*  $(i, j)$  pada waktu  $t$  menggunakan persamaan (2.14) yaitu

$$\xi_t(i, j) = \frac{\alpha_t(i)a_{ij}b_j(O_{t+1})\beta_{t+1}(j)}{P(O|\lambda)}$$

$\alpha_t(i)$  diperoleh dari proses penghitungan peluang observasi menggunakan algoritma *Forward*,  $a_{ij}$  diperoleh dari Tabel 4.1,  $b_j(O_{t+1})$  diperoleh dari Tabel 4.4, dan  $\beta_{t+1}(j)$  diperoleh dari proses penghitungan peluang observasi menggunakan algoritma *Backward*, dan  $P(O|\lambda)$  merupakan besarnya peluang observasi.

Nilai  $\xi_t(i, j)$  yang dihasilkan untuk pembagian 4 *state* sebagai berikut:

- Untuk  $t = 1$  dan  $O_2 = \text{naik}$  dapat dilihat pada Tabel 4.9

**Tabel 4.9** Peluang Proses pada *State*  $(i, j)$  saat  $t = 1$

$i \backslash j$	1	2	3	4
1	0	0	0	0

2	0	0	0	0
3	0	0	0.5870	0.1674
4	0	0	0.1873	0.0583

- Untuk  $t = 2$  dan  $O_3 = \text{naik}$  dapat dilihat pada Tabel 4.10

**Tabel 4.10** Peluang Proses pada *State*  $(i, j)$  saat  $t = 2$

$i \backslash j$	1	2	3	4
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0.6025	0.1718
4	0	0	0.1721	0.0535

- Untuk  $t = 3$  dan  $O_4 = \text{naik}$  dapat dilihat pada Tabel 4.11

**Tabel 4.11** Peluang Proses pada *State*  $(i, j)$  saat  $t = 3$

$i \backslash j$	1	2	3	4
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0.6026	0.1721
4	0	0	0.1719	0.0535

- Untuk  $t = 4$  dan  $O_5 = \text{naik}$  dapat dilihat pada Tabel 4.12

**Tabel 4.12** Peluang Proses pada *State*  $(i, j)$  saat  $t = 4$

$i \backslash j$	1	2	3	4
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0.5914	0.1831

<b>4</b>	0	0	0.1686	0.0569
----------	---	---	--------	--------

Dari hasil di atas dicari peluang proses pada *state i* menggunakan persamaan (2.15). Untuk  $1 \leq t \leq 4$  dan  $O_2 = 1(\text{naik}), O_3 = 1(\text{naik}), O_4 = 1(\text{naik})$ , dan  $O_5 = 1(\text{naik})$  diperoleh hasil pada Tabel 4.13.

**Tabel 4.13** Peluang Proses pada *State i* pada Waktu *t* pada Pembagian 4 *State*

<i>i</i>	1	2	3	4
$\gamma_1(i)$	0	0	0.7544	0.2456
$\gamma_2(i)$	0	0	0.7744	0.2256
$\gamma_3(i)$	0	0	0.7747	0.2253
$\gamma_4(i)$	0	0	0.7745	0.2255

Kemudian dilakukan penaksiran parameter dengan menggunakan persamaan (2.16), (2.17), dan (2.18). Berikut hasil penghitungan untuk penaksir parameter-parameter model Hidden Markov pada pembagian 4 *state*:

- Nilai taksiran peluang keadaan awal untuk  $t = 1$

$$\hat{\pi} = [0 \quad 0 \quad 0.7544 \quad 0.2456]$$

Nilai di atas adalah taksiran peluang awal. Artinya agar nilai  $P(O|\hat{\lambda}) \geq P(O|\lambda)$  terpenuhi, maka peluang proses berada pada *state* 1 adalah sebesar 0, untuk *state* 2 sebesar 0, untuk *state* 3 sebesar 0.7544, dan untuk *state* 4 sebesar 0.2456. Jadi dari nilai taksiran awal ini terlihat bahwa pada *state* 1 dan *state* 2 elemennya adalah 0.

- Taksiran matriks transisi

$$\hat{A} = \begin{bmatrix} NaN & NaN & NaN & NaN \\ NaN & NaN & NaN & NaN \\ 0 & 0 & 0.7744 & 0.2256 \\ 0 & 0 & 0.7591 & 0.2409 \end{bmatrix}$$

Matriks di atas menggambarkan bahwa untuk mencapai  $P(O|\hat{\lambda}) \geq P(O|\lambda)$  maka peluang transisi dari *state* 1 ke *state* 1 bernilai 0/0 atau *NaN* (*not a number*). Hal ini karena pada

penghitungan  $\xi_t(i, j)$  bernilai 0 untuk  $i, j = 1, 2$  dan penghitungan  $\gamma_t(i)$  bernilai 0 untuk  $i = 1, 2$  sehingga elemen pada matriks  $\hat{A}$  untuk *state* 1 dan *state* 2 bernilai 0/0, peluang transisi dari *state* 3 ke *state* 1 bernilai 0, peluang transisi dari *state* 3 ke *state* 2 bernilai 0, peluang transisi dari *state* 3 ke *state* 3 bernilai 0.7744, peluang transisi dari *state* 3 ke *state* 4 bernilai 0.2256, dan seterusnya dapat dilihat pada matriks  $\hat{A}$ .

- Taksiran matriks emisi

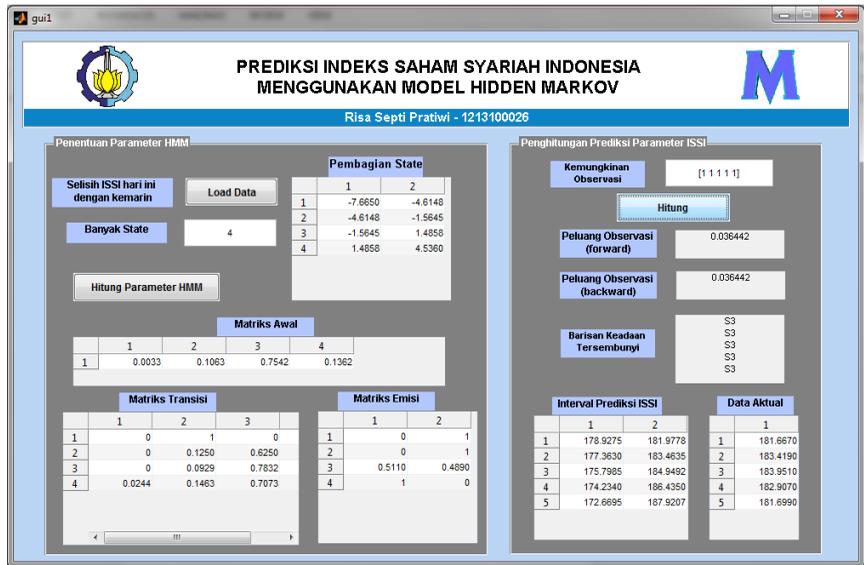
$$\hat{B} = \begin{bmatrix} NaN & NaN \\ NaN & NaN \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Matriks di atas menggambarkan bahwa untuk mencapai  $P(O|\hat{\lambda}) \geq P(O|\lambda)$  maka peluang transisi dari *state* 1 ke *observable state* ‘Naik’ bernilai 0/0 atau *NaN* (*not a number*). Hal ini karena pada penghitungan  $\gamma_t(j)$  saat  $O_t = 2$  (*turun*) bernilai 0 dan penghitungan  $\xi_t(j)$  bernilai 0 untuk  $j = 1, 2$  sehingga elemen pada matriks  $\hat{B}$  untuk *state* 1 dan *state* 2 bernilai 0/0, peluang transisi dari *state* 3 ke *observable state* ‘Naik’ bernilai 1, peluang transisi dari *state* 3 ke *observable state* ‘Turun’ bernilai 0, dan seterusnya dapat dilihat pada matriks  $\hat{B}$ .

### 4.3 GUI Prediksi Indeks Saham Syariah Indonesia Menggunakan Model Hidden Markov

Untuk mempermudah penghitungan dalam memprediksi indeks saham, dibuat program untuk menghitung nilai prediksi dengan bantuan *software* MATLAB. *Listing program* GUI dapat dilihat pada Lampiran D.

Pada gambar (4.1) ditunjukkan tampilan simulasi GUI prediksi Indeks Saham Syariah Indonesia menggunakan model



Hidden Markov.

**Gambar 4.1** Tampilan GUI Prediksi Indeks Saham Syariah Indonesia Menggunakan Model Hidden Markov

#### 4.4 Analisis Hasil Simulasi

Pada bagian ini dianalisis hasil simulasi yang telah didapatkan. Prediksi indeks penutupan (*close index*) pada 5 hari berikutnya, yaitu pada bulan April 2017 merupakan penjumlahan dari indeks saham pada hari sebelumnya dengan nilai interval barisan keadaan tersembunyi.

Pada hari terakhir pengamatan, indeks saham berada pada nilai 180.492. Pada pembagian 4 *state* diperoleh barisan keadaan tersembunyi yaitu  $X^* = \{S_3, S_3, S_3, S_3, S_3\}$ . Berdasarkan barisan

keadaan tersembunyi yang paling optimal, maka prediksi indeks saham hari pertama sampai hari kelima akan mengalami penurunan dan kenaikan sebesar interval  $S_3$  yaitu  $[-1.5645, 1.4858]$ . Jadi prediksi indeks saham di hari pertama berada di *range*  $[178.9275, 181.9778]$ , di hari kedua di *range*  $[177.3630, 183.4635]$ , di hari ketiga di *range*  $[175.7985, 184.9492]$ , di hari keempat di *range*  $[174.2340, 186.4350]$ , dan di hari kelima di *range*  $[172.6695, 187.9207]$ . Selanjutnya nilai prediksi dibandingkan dengan data aktual pada Tabel 4.14.

**Tabel 4.14** Nilai Prediksi ISSI 4 *State*

Tanggal	Nilai Prediksi	Data Aktual
31 Maret 2017		180.492
3 April 2017	$[178.9275, 181.9778]$	181.667
4 April 2017	$[177.3630, 183.4635]$	183.419
5 April 2017	$[175.7985, 184.9492]$	183.951
6 April 2017	$[174.2340, 186.4350]$	182.907
7 April 2017	$[172.6695, 187.9207]$	181.699

Dari kelima nilai prediksi, semua data aktual berada dalam *range* nilai prediksi. Jadi nilai akurasi prediksi pada pembagian 4 *state* sebesar 100%. Pada pembagian 3, 5, dan 6 *state* hasil prediksi dapat dilihat pada Lampiran F.

Pada pembagian 3 *state* peluang observasi terbesar yang diperoleh adalah 0.0412 yaitu barisan observasi  $O = (naik, naik, naik, naik, naik)$  dan barisan keadaan tersembunyi yaitu  $X^* = \{S_3, S_3, S_3, S_3, S_3\}$ . Dari kelima nilai prediksi, terdapat satu data aktual yang berada di luar *range* nilai prediksi yaitu pada hari kelima. Jadi nilai akurasi prediksi dengan pembagian 3 *state* sebesar  $\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$ .

Pada pembagian 5 *state* peluang observasi terbesar yang diperoleh adalah 0.0412 yaitu barisan observasi  $O = (naik, naik, naik, naik, naik)$  dan barisan keadaan tersembunyi yaitu  $X^* = \{S_4, S_4, S_4, S_4, S_4\}$ . Dari kelima nilai prediksi, semua data aktual berada dalam *range* nilai prediksi. Jadi nilai akurasi prediksi dengan pembagian 5 *state* sebesar 100%.

Pada pembagian 6 *state* peluang observasi terbesar yang diperoleh adalah 0.0398 yaitu barisan observasi  $O = (naik, naik, naik, naik, naik)$  dan barisan keadaan tersembunyi yaitu  $X^* = \{S_5, S_5, S_5, S_5, S_5\}$ . Dari kelima nilai prediksi, terdapat satu data aktual yang berada di luar *range* nilai prediksi yaitu pada hari kelima. Jadi nilai akurasi prediksi dengan pembagian 6 *state* sebesar  $\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$ .

Kemudian pada pembagian 7 *state* diperoleh matriks peluang transisi

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ NaN & NaN & NaN & NaN & NaN & NaN & NaN \\ 0 & 0 & 0.1667 & 0.1667 & 0.2500 & 0.2500 & 0.1667 \\ 0 & 0 & 0.0455 & 0.1970 & 0.5152 & 0.1970 & 0.0455 \\ 0 & 0 & 0.0261 & 0.2353 & 0.5163 & 0.1961 & 0.0261 \\ 0.0182 & 0 & 0.0364 & 0.2000 & 0.5455 & 0.1455 & 0.0545 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3077 & 0.5385 & 0.0769 & 0.0769 \end{bmatrix}$$

dan pada pembagian 8 *state* diperoleh matriks peluang transisi

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ NaN & NaN \\ 0 & 0 & 0 & 0.5000 & 0 & 0.5000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1000 & 0.2667 & 0.3667 & 0.1333 & 0.1333 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1048 & 0.4190 & 0.3524 & 0.1143 & 0.0095 \\ 0 & 0 & 0.0083 & 0.0744 & 0.3388 & 0.4545 & 0.1157 & 0.0083 \\ 0.0323 & 0 & 0 & 0.1613 & 0.2581 & 0.4194 & 0.0323 & 0.0968 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1000 & 0.5000 & 0.3000 & 0 & 0.1000 \end{bmatrix}$$

Matriks peluang transisi pada *state* 2 bernilai *NaN* untuk masing-masing pembagian 7 *state* dan 8 *state*. Hal ini karena elemen dari *state* 2 kosong (tidak mempunyai anggota) sehingga tidak memenuhi karakteristik model Hidden Markov yaitu untuk setiap  $\sum_{j=1}^N a_{ij} = 1$ . Jadi prediksi ISSI hanya dilakukan sampai 6 *state*.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah disajikan pada bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Model Hidden Markov dapat digunakan untuk memprediksi data Indeks Saham Syariah Indonesia dengan pembagian 3, 4, 5, dan 6 *state*. Prediksi ISSI hanya dapat dilakukan sampai 6 *state*, karena pada pembagian 7 dan 8 *state* tidak memenuhi karakteristik model Hidden Markov.
2. Pada pembagian 3, 4, 5, dan 6 *state* diperoleh peluang terbesar pada observasi  $O = (naik, naik, naik, naik, naik)$ . Nilai prediksi ISSI merupakan jumlahan dari indeks saham pada hari sebelumnya dengan interval *state* pada barisan keadaan tersembunyi. Barisan keadaan tersembunyi pada pembagian 3 *state* adalah  $X^* = \{S_3, S_3, S_3, S_3, S_3\}$ , pada pembagian 4 *state* adalah  $X^* = \{S_3, S_3, S_3, S_3, S_3\}$ , pada pembagian 5 *state* adalah  $X^* = \{S_4, S_4, S_4, S_4, S_4\}$ , dan pada pembagian 6 *state* adalah  $X^* = \{S_5, S_5, S_5, S_5, S_5\}$ .
3. Keakuratan hasil prediksi dilihat dengan membandingkan *range* nilai prediksi dengan data aktual. Pada pembagian 4 dan 5 *state*, nilai prediksi memiliki kecocokan 100%. Sedangkan pada pembagian 3 dan 6 *state* terdapat satu data aktual yang berada di luar *range* nilai prediksi, sehingga tingkat kecocokannya sebesar 80%.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran dari penelitian Tugas Akhir ini adalah untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan model peramalan yang lain sebagai perbandingan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] OJK. 2016. **“Mengenal Pasar Modal Syariah”**. Brosur 2016
- [2] Respati, Y. 2015. **“Apa Itu Indeks Saham Syariah Indonesia?”**. Berita Ekonomi & Keuangan Syariah. Diakses pada 30 Januari 2017 di <http://keuangansyariah.mysharing.co/apa-itu-indeks-saham-syariah-indonesia/>
- [3] Zulfikar, M., dkk. 2016. **“Implementasi Hidden Markov Model pada Peramalan Data Saham”**. Jurnal Program Studi Sarjana Statistika, Universitas Hasanuddin.
- [4] Vaoziah, S. 2016. **“Peramalan Indeks Saham Syariah dengan Metode *Fuzzy Time Series Ruey Chyn Tsaur*”**. Skripsi Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- [5] Anityaloka, R. N., Ambarwati, A. N. 2013. **“Peramalan Saham Jakarta Islamic Index Menggunakan Metode ARIMA Bulan Mei-Juli 2010”**.
- [6] Muwakhidin, I. A. 2014. **“Peramalan Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) Menggunakan Model *Backpropagation Neural Network* dan *Radial Basis Function Neural Network*”**. Skripsi Program Studi Matematika, Jurusan Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- [7] Lestari, Y. D. 2009. **“Penerapan Model Hidden Markov pada Peramalan Harga Premium”**. Tesis, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

- [8] Pandiangan, H. 2016. **“Prediksi Sekuens DNA Berdasarkan Data Ekspresi Gen Menggunakan Model Hidden Markov”**. Tesis, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [9] Asita. 2015. **“Pasar Modal Syariah Indonesia: saham syariah”**. Diakses pada 30 Januari 2017 di <https://affgani.wordpress.com/ekonomi-islam/pasar-modal-syariah-indonesia-saham-syariah/>
- [10] Prasetyo, M. E. B. 2010. **“Teori Dasar *Hidden Markov Model*”**. Makalah Probstat Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung (ITB).
- [11] Ghahramani, Z. 2001. **“*An Introduction Hidden Markov Models and Bayesian Network*”**. *International Journal of Pattern Recognition and Artifisial Intelligence*.
- [12] Fonzo, V. D., F. A. Pentini and V. Parisi. 2007. **“*Hidden Markov Models in Bioinformatics*”**. *Bentham Science Publishers Ltd*.
- [13] Rabiner, L. R. 1989. **“*A Tutorial on Hidden Markov Models and Seleted Applications in Speech Recognition*”**. *Proceedings of IEEE, Vol. 77, No. 2*.

**LAMPIRAN A**  
**Data Penutupan (*Close*) ISSI**

<b>No</b>	<b>Date</b>	<b><i>Close Index</i></b>	<b>Selisih</b>
1	4 Januari 2016	142.360	
2	5 Januari 2016	143.375	1.015
3	6 Januari 2016	145.873	2.498
4	7 Januari 2016	143.358	-2.515
5	8 Januari 2016	143.523	0.165
6	11 Januari 2016	140.845	-2.678
7	12 Januari 2016	142.485	1.640
8	13 Januari 2016	143.329	0.844
9	14 Januari 2016	141.780	-1.549
10	15 Januari 2016	141.875	0.095
11	18 Januari 2016	140.409	-1.466
12	19 Januari 2016	141.257	0.848
13	20 Januari 2016	139.415	-1.842
14	21 Januari 2016	139.189	-0.226
15	22 Januari 2016	140.714	1.525
16	26 Januari 2016	141.587	0.873
17	27 Januari 2016	143.459	1.872
18	28 Januari 2016	144.008	0.549
19	29 Januari 2016	144.883	0.875
20	1 Februari 2016	144.421	-0.462
21	2 Februari 2016	143.415	-1.006
22	3 Februari 2016	144.520	1.105
23	4 Februari 2016	146.792	2.272
24	5 Februari 2016	150.334	3.542

**LAMPIRAN A (Lanjutan)**

<b>No</b>	<b>Date</b>	<b>Close Index</b>	<b>Selisih</b>
25	9 Februari 2016	149.287	-1.047
26	10 Februari 2016	148.877	-0.410
27	11 Februari 2016	150.705	1.828
28	12 Februari 2016	148.352	-2.353
29	15 Februari 2016	149.071	0.719
30	16 Februari 2016	149.348	0.277
31	17 Februari 2016	150.196	0.848
32	18 Februari 2016	150.873	0.677
33	19 Februari 2016	148.793	-2.080
34	22 Februari 2016	149.031	0.238
35	23 Februari 2016	147.192	-1.839
36	24 Februari 2016	146.783	-0.409
37	25 Februari 2016	147.380	0.597
38	26 Februari 2016	149.998	2.618
39	29 Februari 2016	151.147	1.149
40	1 Maret 2016	152.306	1.159
41	2 Maret 2016	154.583	2.277
42	3 Maret 2016	154.526	-0.057
43	4 Maret 2016	154.442	-0.084
44	7 Maret 2016	153.838	-0.604
45	8 Maret 2016	153.308	-0.530
46	10 Maret 2016	153.351	0.043
47	11 Maret 2016	154.161	0.810
48	14 Maret 2016	156.797	2.636
49	15 Maret 2016	155.412	-1.385
50	16 Maret 2016	156.167	0.755

**LAMPIRAN A (Lanjutan)**

<b>No</b>	<b>Date</b>	<b>Close Index</b>	<b>Selisih</b>
51	17 Maret 2016	157.614	1.447
52	18 Maret 2016	157.961	0.347
53	21 Maret 2016	157.628	-0.333
54	22 Maret 2016	157.218	-0.410
55	23 Maret 2016	156.413	-0.805
56	24 Maret 2016	155.558	-0.855
57	28 Maret 2016	153.914	-1.644
58	29 Maret 2016	153.900	-0.014
59	30 Maret 2016	155.344	1.444
60	31 Maret 2016	155.912	0.568
61	1 April 2016	156.432	0.520
62	4 April 2016	157.146	0.714
63	5 April 2016	156.305	-0.841
64	6 April 2016	156.887	0.582
65	7 April 2016	157.095	0.208
66	8 April 2016	157.261	0.166
67	11 April 2016	155.575	-1.686
68	12 April 2016	157.096	1.521
69	13 April 2016	158.157	1.061
70	14 April 2016	156.742	-1.415
71	15 April 2016	158.485	1.743
72	18 April 2016	159.513	1.028
73	19 April 2016	160.876	1.363
74	20 April 2016	160.925	0.049
75	21 April 2016	161.787	0.862
76	22 April 2016	161.654	-0.133

**LAMPIRAN A (Lanjutan)**

<b>No</b>	<b>Date</b>	<b>Close Index</b>	<b>Selisih</b>
77	25 April 2016	160.736	-0.918
78	26 April 2016	158.950	-1.786
79	27 April 2016	158.768	-0.182
80	28 April 2016	157.991	-0.777
81	29 April 2016	157.460	-0.531
82	2 Mei 2016	155.932	-1.528
83	3 Mei 2016	155.850	-0.082
84	4 Mei 2016	156.634	0.784
85	9 Mei 2016	154.433	-2.201
86	10 Mei 2016	154.843	0.410
87	11 Mei 2016	156.343	1.500
88	12 Mei 2016	156.131	-0.212
89	13 Mei 2016	154.326	-1.805
90	16 Mei 2016	153.200	-1.126
91	17 Mei 2016	153.772	0.572
92	18 Mei 2016	154.367	0.595
93	19 Mei 2016	153.224	-1.143
94	20 Mei 2016	153.289	0.065
95	23 Mei 2016	154.321	1.032
96	24 Mei 2016	153.489	-0.832
97	25 Mei 2016	155.991	2.502
98	26 Mei 2016	156.344	0.353
99	27 Mei 2016	157.675	1.331
100	30 Mei 2016	157.543	-0.132
101	31 Mei 2016	156.351	-1.192
102	1 Juni 2016	157.499	1.148

**LAMPIRAN A (Lanjutan)**

<b>No</b>	<b>Date</b>	<b>Close Index</b>	<b>Selisih</b>
103	2 Juni 2016	157.230	-0.269
104	3 Juni 2016	158.188	0.958
105	6 Juni 2016	160.019	1.831
106	7 Juni 2016	161.470	1.451
107	8 Juni 2016	160.648	-0.822
108	9 Juni 2016	159.841	-0.807
109	10 Juni 2016	158.919	-0.922
110	13 Juni 2016	157.905	-1.014
111	14 Juni 2016	158.388	0.483
112	15 Juni 2016	159.311	0.923
113	16 Juni 2016	158.819	-0.492
114	17 Juni 2016	159.951	1.132
115	20 Juni 2016	160.801	0.850
116	21 Juni 2016	161.291	0.490
117	22 Juni 2016	162.368	1.077
118	23 Juni 2016	161.644	-0.724
119	24 Juni 2016	160.007	-1.637
120	27 Juni 2016	160.560	0.553
121	28 Juni 2016	161.456	0.896
122	29 Juni 2016	164.814	3.358
123	30 Juni 2016	165.941	1.127
124	1 Juli 2016	164.449	-1.492
125	11 Juli 2016	167.351	2.902
126	12 Juli 2016	167.856	0.505
127	13 Juli 2016	170.009	2.153
128	14 Juli 2016	167.932	-2.077

**LAMPIRAN A (Lanjutan)**

<b>No</b>	<b>Date</b>	<b>Close Index</b>	<b>Selisih</b>
129	15 Juli 2016	168.923	0.991
130	18 Juli 2016	169.978	1.055
131	19 Juli 2016	170.782	0.804
132	20 Juli 2016	171.856	1.074
133	21 Juli 2016	170.318	-1.538
134	22 Juli 2016	170.132	-0.186
135	25 Juli 2016	171.927	1.795
136	26 Juli 2016	172.298	0.371
137	27 Juli 2016	174.626	2.328
138	28 Juli 2016	176.156	1.530
139	29 Juli 2016	173.745	-2.411
140	1 Agustus 2016	178.220	4.475
141	2 Agustus 2016	177.548	-0.672
142	3 Agustus 2016	176.899	-0.649
143	4 Agustus 2016	177.803	0.904
144	8 Agustus 2016	180.627	2.824
145	9 Agustus 2016	180.519	-0.108
146	10 Agustus 2016	180.347	-0.172
147	11 Agustus 2016	180.006	-0.341
148	12 Agustus 2016	178.230	-1.776
149	15 Agustus 2016	175.527	-2.703
150	16 Agustus 2016	177.318	1.791
151	18 Agustus 2016	180.625	3.307
152	19 Agustus 2016	178.286	-2.339
153	22 Agustus 2016	179.325	1.039
154	23 Agustus 2016	179.134	-0.191

**LAMPIRAN A (Lanjutan)**

<b>No</b>	<b>Date</b>	<b>Close Index</b>	<b>Selisih</b>
155	24 Agustus 2016	178.364	-0.770
156	25 Agustus 2016	180.317	1.953
157	26 Agustus 2016	180.195	-0.122
158	29 Agustus 2016	177.236	-2.959
159	30 Agustus 2016	177.467	0.231
160	31 Agustus 2016	178.665	1.198
161	1 September 2016	176.597	-2.068
162	2 September 2016	177.534	0.937
163	5 September 2016	177.804	0.270
164	6 September 2016	178.273	0.469
165	7 September 2016	178.371	0.098
166	8 September 2016	177.753	-0.618
167	9 September 2016	174.874	-2.879
168	13 September 2016	172.185	-2.689
169	14 September 2016	169.455	-2.730
170	15 September 2016	173.991	4.536
171	16 September 2016	172.874	-1.117
172	19 September 2016	175.237	2.363
173	20 September 2016	174.561	-0.676
174	21 September 2016	176.316	1.755
175	22 September 2016	177.202	0.886
176	26 September 2016	176.012	-1.190
177	27 September 2016	178.246	2.234
178	28 September 2016	178.741	0.495
179	29 September 2016	179.899	1.158
180	30 September 2016	176.929	-2.970

**LAMPIRAN A (Lanjutan)**

<b>No</b>	<b>Date</b>	<b>Close Index</b>	<b>Selisih</b>
181	3 Oktober 2016	180.547	3.618
182	4 Oktober 2016	180.504	-0.043
183	5 Oktober 2016	178.437	-2.067
184	6 Oktober 2016	177.975	-0.462
185	7 Oktober 2016	177.322	-0.653
186	10 Oktober 2016	177.260	-0.062
187	11 Oktober 2016	178.164	0.904
188	12 Oktober 2016	177.777	-0.387
189	13 Oktober 2016	176.610	-1.167
190	14 Oktober 2016	178.185	1.575
191	17 Oktober 2016	177.926	-0.259
192	18 Oktober 2016	179.234	1.308
193	19 Oktober 2016	178.446	-0.788
194	20 Oktober 2016	178.281	-0.165
195	21 Oktober 2016	178.059	-0.222
196	24 Oktober 2016	178.972	0.913
197	25 Oktober 2016	178.463	-0.509
198	26 Oktober 2016	178.683	0.220
199	27 Oktober 2016	179.372	0.689
200	28 Oktober 2016	178.888	-0.484
201	31 Oktober 2016	179.221	0.333
202	1 November 2016	178.786	-0.435
203	2 November 2016	178.014	-0.772
204	3 November 2016	175.384	-2.630
205	4 November 2016	176.505	1.121
206	7 November 2016	177.336	0.831

**LAMPIRAN A (Lanjutan)**

<b>No</b>	<b>Date</b>	<b>Close Index</b>	<b>Selisih</b>
207	8 November 2016	180.192	2.856
208	9 November 2016	178.223	-1.969
209	10 November 2016	180.051	1.828
210	11 November 2016	172.386	-7.665
211	14 November 2016	168.596	-3.790
212	15 November 2016	166.994	-1.602
213	16 November 2016	171.121	4.127
214	17 November 2016	171.097	-0.024
215	18 November 2016	169.902	-1.195
216	21 November 2016	169.166	-0.736
217	22 November 2016	170.245	1.079
218	23 November 2016	171.161	0.916
219	24 November 2016	167.977	-3.184
220	25 November 2016	168.597	0.620
221	28 November 2016	168.955	0.358
222	29 November 2016	170.036	1.081
223	30 November 2016	169.997	-0.039
224	1 Desember 2016	171.963	1.966
225	2 Desember 2016	173.340	1.377
226	5 Desember 2016	174.088	0.748
227	6 Desember 2016	173.895	-0.193
228	7 Desember 2016	173.190	-0.705
229	8 Desember 2016	174.439	1.249
230	9 Desember 2016	174.674	0.235
231	13 Desember 2016	173.934	-0.740
232	14 Desember 2016	172.536	-1.398

**LAMPIRAN A (Lanjutan)**

<b>No</b>	<b>Date</b>	<b>Close Index</b>	<b>Selisih</b>
233	15 Desember 2016	171.933	-0.603
234	16 Desember 2016	170.739	-1.194
235	19 Desember 2016	169.239	-1.500
236	20 Desember 2016	167.437	-1.802
237	21 Desember 2016	166.618	-0.819
238	22 Desember 2016	164.104	-2.514
239	23 Desember 2016	163.000	-1.104
240	27 Desember 2016	165.305	2.305
241	28 Desember 2016	169.180	3.875
242	29 Desember 2016	172.350	3.170
243	30 Desember 2016	172.077	-0.273
244	3 Januari 2017	171.370	-0.707
245	4 Januari 2017	171.824	0.454
246	5 Januari 2017	172.829	1.005
247	6 Januari 2017	173.694	0.865
248	9 Januari 2017	173.049	-0.645
249	10 Januari 2017	173.038	-0.011
250	11 Januari 2017	172.567	-0.471
251	12 Januari 2017	172.191	-0.376
252	13 Januari 2017	171.723	-0.468
253	16 Januari 2017	171.218	-0.505
254	17 Januari 2017	171.300	0.082
255	18 Januari 2017	172.686	1.386
256	19 Januari 2017	172.790	0.104
257	20 Januari 2017	171.157	-1.633
258	23 Januari 2017	170.809	-0.348

**LAMPIRAN A (Lanjutan)**

<b>No</b>	<b>Date</b>	<b>Close Index</b>	<b>Selisih</b>
259	24 Januari 2017	172.235	1.426
260	25 Januari 2017	172.581	0.346
261	26 Januari 2017	173.298	0.717
262	27 Januari 2017	173.021	-0.277
263	30 Januari 2017	172.298	-0.723
264	1 Februari 2017	173.324	1.026
265	2 Februari 2017	174.419	1.095
266	3 Februari 2017	174.717	0.298
267	6 Februari 2017	175.418	0.701
268	7 Februari 2017	174.628	-0.790
269	8 Februari 2017	174.211	-0.417
270	9 Februari 2017	174.203	-0.008
271	10 Februari 2017	174.909	0.706
272	13 Februari 2017	175.824	0.915
273	14 Februari 2017	174.831	-0.993
274	16 Februari 2017	175.267	0.436
275	17 Februari 2017	174.183	-1.084
276	20 Februari 2017	174.118	-0.065
277	21 Februari 2017	174.019	-0.099
278	22 Februari 2017	173.926	-0.093
279	23 Februari 2017	174.108	0.182
280	24 Februari 2017	174.531	0.423
281	27 Februari 2017	174.209	-0.322
282	28 Februari 2017	174.745	0.536
283	1 Maret 2017	173.719	-1.026
284	2 Maret 2017	174.638	0.919

**LAMPIRAN A (Lanjutan)**

<b>No</b>	<b>Date</b>	<b>Close Index</b>	<b>Selisih</b>
285	3 Maret 2017	174.434	-0.204
286	6 Maret 2017	175.796	1.362
287	7 Maret 2017	175.533	-0.263
288	8 Maret 2017	174.688	-0.845
289	9 Maret 2017	174.831	0.143
290	10 Maret 2017	174.102	-0.729
291	13 Maret 2017	174.816	0.714
292	14 Maret 2017	175.557	0.741
293	15 Maret 2017	175.474	-0.083
294	16 Maret 2017	178.635	3.161
295	17 Maret 2017	179.000	0.365
296	20 Maret 2017	178.600	-0.400
297	21 Maret 2017	178.830	0.230
298	22 Maret 2017	178.199	-0.631
299	23 Maret 2017	178.729	0.530
300	24 Maret 2017	179.162	0.433
301	29 Maret 2017	180.994	1.832
302	31 Maret 2017	180.492	-0.502

**LAMPIRAN B**  
**Pembagian 3, 5, 6, 7, dan 8 State**

• *Pembagian 3 State*

<i>State</i>	Interval	Banyak data	Probabilitas	Nilai
$S_1$	[-7.6650, -3.5980)	2	$\pi_1$	0.0066
$S_2$	[-3.5980, 0.4690)	175	$\pi_2$	0.5814
$S_3$	[ 0.4690, 4.5360]	124	$\pi_3$	0.4120

• *Pembagian 5 State*

<i>State</i>	Interval	Banyak data	Probabilitas	Nilai
$S_1$	[-7.6650, -5.2248)	1	$\pi_1$	0.0033
$S_2$	[-5.2248, -2.7846)	5	$\pi_2$	0.0166
$S_3$	[-2.7846, -0.3444)	102	$\pi_3$	0.3389
$S_4$	[-0.3444, 2.0958]	169	$\pi_4$	0.5615
$S_5$	[ 2.0958, 4.5360]	24	$\pi_5$	0.0797

• *Pembagian 6 State*

<i>State</i>	Interval	Banyak data	Probabilitas	Nilai
$S_1$	[-7.6650, -5.6315)	1	$\pi_1$	0.0033
$S_2$	[-5.6315, -3.5980)	1	$\pi_2$	0.0033
$S_3$	[-3.5980, -1.5645)	31	$\pi_3$	0.1030
$S_4$	[-1.5645, 0.4690]	144	$\pi_4$	0.4784
$S_5$	[ 0.4690, 2.5025]	109	$\pi_5$	0.3621
$S_6$	[ 2.5025, 4.5360]	15	$\pi_6$	0.0498

- Pembagian 7 State

<i>State</i>	Interval	Banyak data	Probabilitas	Nilai
$S_1$	[-7.6650, -5.9220)	1	$\pi_1$	0.0033
$S_2$	[-5.9220, -4.1790)	0	$\pi_2$	0
$S_3$	[-4.1790, -2.4360)	12	$\pi_3$	0.0399
$S_4$	[-2.4360, -0.6930]	66	$\pi_4$	0.2193
$S_5$	[-0.6930, 1.0500]	154	$\pi_5$	0.5116
$S_6$	[ 1.0500, 2.7930]	55	$\pi_6$	0.1827
$S_7$	[ 2.7930, 4.5360]	13	$\pi_7$	0.0432

- Pembagian 8 State

<i>State</i>	Interval	Banyak data	Probabilitas	Nilai
$S_1$	[-7.6650, -6.1399)	1	$\pi_1$	0.0033
$S_2$	[-6.1399, -4.6148)	0	$\pi_2$	0
$S_3$	[-4.6148, -3.0896)	2	$\pi_3$	0.0066
$S_4$	[-3.0896, -1.5645]	30	$\pi_4$	0.0997
$S_5$	[-1.5645, -0.0394]	106	$\pi_5$	0.3552
$S_6$	[-0.0394, 1.4858]	121	$\pi_6$	0.4020
$S_7$	[ 1.4858, 3.0109]	31	$\pi_7$	0.1030
$S_8$	[3.0109, 4.5360]	10	$\pi_8$	0.0332

## LAMPIRAN C

### Kemungkinan Observasi Selama 5 Hari

$O = (\text{naik}, \text{naik}, \text{naik}, \text{naik}, \text{naik});$   
 $O = (\text{naik}, \text{naik}, \text{naik}, \text{naik}, \text{turun});$   
 $O = (\text{naik}, \text{naik}, \text{naik}, \text{turun}, \text{naik});$   
 $O = (\text{naik}, \text{naik}, \text{naik}, \text{turun}, \text{turun});$   
 $O = (\text{naik}, \text{naik}, \text{turun}, \text{naik}, \text{naik});$   
 $O = (\text{naik}, \text{naik}, \text{turun}, \text{naik}, \text{turun});$   
 $O = (\text{naik}, \text{naik}, \text{turun}, \text{turun}, \text{naik});$   
 $O = (\text{naik}, \text{naik}, \text{turun}, \text{turun}, \text{turun});$   
 $O = (\text{naik}, \text{turun}, \text{naik}, \text{naik}, \text{naik});$   
 $O = (\text{naik}, \text{turun}, \text{naik}, \text{naik}, \text{turun});$   
 $O = (\text{naik}, \text{turun}, \text{naik}, \text{turun}, \text{naik});$   
 $O = (\text{naik}, \text{turun}, \text{naik}, \text{turun}, \text{turun});$   
 $O = (\text{naik}, \text{turun}, \text{turun}, \text{naik}, \text{naik});$   
 $O = (\text{naik}, \text{turun}, \text{turun}, \text{naik}, \text{turun});$   
 $O = (\text{naik}, \text{turun}, \text{turun}, \text{turun}, \text{naik});$   
 $O = (\text{naik}, \text{turun}, \text{turun}, \text{turun}, \text{turun});$   
 $O = (\text{turun}, \text{naik}, \text{naik}, \text{naik}, \text{naik});$   
 $O = (\text{turun}, \text{naik}, \text{naik}, \text{naik}, \text{turun});$   
 $O = (\text{turun}, \text{naik}, \text{naik}, \text{turun}, \text{naik});$   
 $O = (\text{turun}, \text{naik}, \text{naik}, \text{turun}, \text{turun});$   
 $O = (\text{turun}, \text{naik}, \text{turun}, \text{naik}, \text{naik});$   
 $O = (\text{turun}, \text{naik}, \text{turun}, \text{naik}, \text{turun});$   
 $O = (\text{turun}, \text{naik}, \text{turun}, \text{turun}, \text{naik});$   
 $O = (\text{turun}, \text{naik}, \text{turun}, \text{turun}, \text{turun});$   
 $O = (\text{turun}, \text{turun}, \text{naik}, \text{naik}, \text{naik});$   
 $O = (\text{turun}, \text{turun}, \text{naik}, \text{naik}, \text{turun});$   
 $O = (\text{turun}, \text{turun}, \text{naik}, \text{turun}, \text{naik});$   
 $O = (\text{turun}, \text{turun}, \text{naik}, \text{turun}, \text{turun});$   
 $O = (\text{turun}, \text{turun}, \text{turun}, \text{naik}, \text{naik});$   
 $O = (\text{turun}, \text{turun}, \text{turun}, \text{naik}, \text{turun});$   
 $O = (\text{turun}, \text{turun}, \text{turun}, \text{turun}, \text{naik});$   
 $O = (\text{turun}, \text{turun}, \text{turun}, \text{turun}, \text{turun});$

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LAMPIRAN D

### Listing Program Prediksi ISSI

```
function varargout = guil(varargin)
% GUI1 M-file for guil.fig
%     GUI1, by itself, creates text5 new GUI1
or raises the existing
%     singleton*.
%
%     H = GUI1 returns the handle to text5 new
GUI1 or the handle to
%     the existing singleton*.
%
%
GUI1('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
calls the local
%     function named CALLBACK in GUI1.M with
the given input arguments.
%
%     GUI1('Property','Value',...) creates
text5 new GUI1 or raises the
%     existing singleton*. Starting from the
left, property value pairs are
%     applied to the GUI before guil_OpeningFcn
gets called. An
%     unrecognized property name or invalid
value makes property application
%     stop. All inputs are passed to
guil_OpeningFcn via varargin.
%
%     *See GUI Options on GUIDE's Tools menu.
Choose "GUI allows only one
%     instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
```

```

% Edit the above text to modify the response to
help guil

% Last Modified by GUIDE v2.5 26-May-2017
08:25:19

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',           mfilename,
...
                  'gui_Singleton',
gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn',
@guil_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',
@guil_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',    [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback =
str2func(varargin{1});
end

if narginout
    [varargout{1:nargout}] =
gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before guil is made visible.
function guil_OpeningFcn(hObject, eventdata,
handles, varargin)
% This function has no output args, see
OutputFcn.
% hObject    handle to figure

```

```
% eventdata reserved - to be defined in text5
future version of MATLAB
% handles structure with handles and user
data (see GUIDATA)
% varargin command line arguments to guil (see
VARARGIN)

% Choose default command line output for guil
a=imread('ITS.jpg');
axes(handles.axes1);
imshow(a);

b=imread('Matematika.jpg');
axes(handles.axes2);
imshow(b);
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes guil wait for user response (see
UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to
the command line.
function varargout = guil_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output
args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in text5
future version of MATLAB
% handles structure with handles and user
data (see GUIDATA)
```

```

% Get default command line output from handles
structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function uipaneljudul_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to uipaneljudul (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until
after all CreateFcns called

% --- Executes on button press in
pushbuttonLoadData.
function pushbuttonLoadData_Callback(hObject,
eventdata, handles)
clear all;
clc;
global data
% [namafile,direktori]=uigetfile('*.txt ','Load
Data File');
% eval(['cd '' direktori '';']);
% eval(['data=load('' namafile ''')]);
% data=data(:,1);
data=load('data.txt');
h=msgbox('Data Sukses Di Load');

function edit2_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents
of edit2 as text
%         str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit2 as a double

% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until
after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in
pushbuttonawal.
function pushbuttonawal_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbuttonawal (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)
global data A B pi p
I=str2num(get(handles.edit3,'String'));
k=301; %banyak data
max(data); %mencari nilai max
min(data);%mencari nilai min

```

```
selisih=max(data)-min(data); %selisih nilai max
dan nilai min
```

```
%Pembagian State
bagistate = I;
interval=selisih/bagistate;
for i=1:I+1
    p(i)=min(data)+(interval*(i-1))
end
for i=1:I
    s(i,1)=p(i);
    s(i,2)=p(i+1);
end
set(handles.uitable11,'data',s);
```

```
%Menghitung Matriks Peluang Awal
for i=1:I
    state(i)=0;
    for h=1:k
        x=data(h);
        if x>=p(i) && x<p(i+1)
            x=state(i); state(i)=state(i)+1;
        end
    end
end
for i=1:I
    pi(i)=state(i)/k;
end
set(handles.uitable1,'data',pi);
```

```
%Menghitung peluang Matriks Transisi
for i=1:I
    for j=1:I
        a(i,j)=0;
        for h=1:k-1
            xa=data(h); xal=data(h+1);
            if (xa>=p(i) && xa<p(i+1)) &&
(xal>=p(j) && xal<p(j+1));
```

```

                xa=a(i,j);
                a(i,j)=a(i,j)+1;
            end
        end
    end
end

for i=1:I
    a1(i)=0;
    for h=1:k-1
        x=data(h);
        if x>=p(i) && x<p(i+1)
            x=a1(i); a1(i)=a1(i)+1;
        end
    end
end

for i=1:I
    for j=1:I
        A(i,j)=a(i,j)/a1(i);
    end
end
set(handles.uitable2,'data',A);

%Menghitung peluang Matriks Emisi
for i=1:I
    for j=1
        b(i,j)=0;
        for h=1:k
            xb=data(h); xb1=data(h);
            if (xb>=p(i) && xb<p(i+1)) &&
(xb1>0);
                b(i,j)=b(i,j)+1;
            end
        end
    end
for j=2
    b(i,j)=0;
    for h=1:k

```

```

        xb=data(h); xbl=data(h);
        if (xb>=p(i) && xb<p(i+1)) &&
(xbl<0);
            b(i,j)=b(i,j)+1;
        end
    end
end
end

for i=1:I
    b1(i)=0;
    for h=1:k
        x=data(h);
        if x>=p(i) && x<p(i+1)
            x=b1(i); b1(i)=b1(i)+1;
        end
    end
end
obs={'Naik','Turun'};
M=length(obs);
for i=1:I
    for j=1:M
        B(i,j)=b(i,j)/b1(i);
    end
end
set(handles.uitable3,'data',B);

% --- Executes on button press in
pushbuttontengah.
function pushbuttontengah_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbuttontengah (see
GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)
global data A B pi p O

```

```

O=str2num(get(handles.edit2,'String'));
N=length(A(1,:));
T=length(O);
%Menghitung Peluang Observasi
%inisialisasi forward
for i=1:N
    alpha(1,i)=pi(i)*B(i,O(1));
end
%induksi
for t=1:(T-1)
    for j=1:N
        z=0;
        for i=1:N
            z=z+alpha(t,i)*A(i,j);
        end
        alpha(t+1,j)=z*B(j,O(t+1));
    end
end
r=0;
%terminasi
for i=1:N
    r=r+alpha(T,i);
end
set(handles.text9,'String',r);

% inisialisasi backward
for i=1:N
    beta(T,i)=1;
end
%induksi
for t=(T-1):-1:1
    for i=1:N
        beta(t,i)=0;
        for j=1:N
            beta(t,i)=beta(t,i)+beta((t+1),j)*A(i,j)*B(j,O(t+1));
        end
    end
end

```

```

end
%terminasi
q=0;
for i=1:N
    q=q+pi(i)*B(i,O(1))*beta(1,i);
end
set(handles.text14,'String',q);

%Menentukan Barisan Keadaan Tersembunyi dengan
algoritma Viterbi
states={'S1','S2','S3','S4','S5','S6'}; % 6
state tersembunyi
obs={'Naik','Turun'}; % 2 observable state
del=zeros(N,T);
maxlist=del;
path=zeros(1,T);
pii=pi';
b=B';

%Inisialisasi
for t=1:T
    if t==1
        del(:,t)=pii.*b(O(t),:);
        [P path(t)]=max(del(:,t));
        continue;
    end
%Rekursi
    for j=1:N
        [del(j,t) maxlist(j,t)]=max(del(:,t-
1).*A(:,j));
    end
    del(:,t)=del(:,t).*b(O(t),:);
    [P path(t)]=max(del(:,t));
end
% Terminasi dan Backtracking
dec_state=zeros(1,T);
decode_state=cell(1,T);
[pstar dec_state(T)]=max(del(:,T));

```

```

for t=T-1:-1:1
    dec_state(t)=maxlist(dec_state(t+1),t+1);
end

for t=1:T
    decode_state{t}=states{dec_state(t)}
end
set(handles.text12,'string',decode_state)

%Menghitung Nilai Prediksi
H=[180.492 180.492];
if states{dec_state(t)}=='S1'
    H(1,1)=H(:,1)+p(1);
    H(1,2)=H(:,2)+p(2);
elseif states{dec_state(t)}=='S2'
    H(1,1)=H(:,1)+p(2);
    H(1,2)=H(:,2)+p(3);
elseif states{dec_state(t)}=='S3'
    H(1,1)=H(:,1)+p(3);
    H(1,2)=H(:,2)+p(4);
elseif states{dec_state(t)}=='S4'
    H(1,1)=H(:,1)+p(4);
    H(1,2)=H(:,2)+p(5);
elseif states{dec_state(t)}=='S5'
    H(1,1)=H(:,1)+p(5);
    H(1,2)=H(:,2)+p(6);
elseif states{dec_state(t)}=='S6'
    H(1,1)=H(:,1)+p(6);
    H(1,2)=H(:,2)+p(7);
end
for t=2:T
    if states{dec_state(t)}=='S1'
        H(t,1)=H(t-1,1)+p(1);
        H(t,2)=H(t-1,2)+p(2);
    elseif states{dec_state(t)}=='S2'
        H(t,1)=H(t-1,1)+p(2);
        H(t,2)=H(t-1,2)+p(3);
    elseif states{dec_state(t)}=='S3'

```

```

        H(t,1)=H(t-1,1)+p(3);
        H(t,2)=H(t-1,2)+p(4);
    elseif states{dec_state(t)}=='S4'
        H(t,1)=H(t-1,1)+p(4);
        H(t,2)=H(t-1,2)+p(5);
    elseif states{dec_state(t)}=='S5'
        H(t,1)=H(t-1,1)+p(5);
        H(t,2)=H(t-1,2)+p(6);
    elseif states{dec_state(t)}=='S6'
        H(t,1)=H(t-1,1)+p(6);
        H(t,2)=H(t-1,2)+p(7);
    end
end
set(handles.uitable4,'data',H)

%Data Aktual
Aktual=[181.667; 183.419; 183.951; 182.907;
181.699];
set(handles.uitable12,'data',Aktual)

function edit3_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents
of edit3 as text
%      str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit3 as a double

% --- Executes during object creation, after
setting all properties.

```

```

function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until
after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in
pushbuttonakhir.
function pushbuttonakhir_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbuttonakhir (see
GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)
global data A O B pi
obs={'Naik','Turun'};

N=length(A(1,:));
T=length(O);
M=length(obs);

for i=1:N
    alpha(1,i)=pi(i)*B(i,O(1));
end
for t=1:(T-1)
    for j=1:N

```

```

        z=0;
        for i=1:N
            z=z+alpha(t,i)*A(i,j);
        end
        alpha(t+1,j)=z*B(j,O(t+1));
    end
end
r=0;
for i=1:N
    r=r+alpha(T,i);
end

%inisialisasi
for i=1:N
    beta(T,i)=1;
end
%induksi
for t=(T-1):-1:1
    for i=1:N
        beta(t,i)=0;
        for j=1:N

beta(t,i)=beta(t,i)+beta((t+1),j)*A(i,j)*B(j,O(t
+1));
            end
        end
    end
end
%terminasi
q=0;
for i=1:N
    q=q+pi(i)*B(i,O(1))*beta(1,i);
end

%Penaksiran Parameter HMM dengan algoritma Baum-
Welch
for t=1:T-1
    pa=0;
    for i=1:N

```

```

        gamma(t,i)=0;
        for j=1:N

u=(alpha(t,i))*(A(i,j))*(B(j,O(t+1)))*beta(t+1,j
);
            xi(t,i,j)=u/r;
            gamma(t,i)=gamma(t,i)+xi(t,i,j);
        end
        pa=pa+gamma(1,i);
    end
end
pia = gamma(1,:)
set(handles.uitable8,'data',pia)

for j=1:N
    Aa(i,j)=0;
    for i=1:N
        v=0;
        w=0;
        for t=1:T-1
            v=v+xi(t,i,j);
            w=w+gamma(t,i);
        end
        Aa(i,j)=Aa(i,j)+v/w;
    end
end
set(handles.uitable9,'data',Aa)

for i=1:N
    denomB=sum(gamma(:,i));
    denomA=denomB-gamma(T-1,i);
    for k=1:M
        numerB = 0;
        for t=1:T-1
            if O(t)==k
                numerB=numerB+ gamma(t, i);
            end
        end
        Ba(i,k)=numerB/denomB;
    end
end

```

```
        end
    end
    set(handles.uitable10,'data',Ba)
```

**LAMPIRAN E**  
**Peluang Observasi 3, 5, dan 6 State Selama 5 Hari**

- Peluang Observasi dari Pembagian 3 State

No	Observable State	Peluang	No	Observable State	Peluang
1	U, U, U, U, U	0.0412	17	D, U, U, U, U	0.0362
2	U, U, U, U, D	0.0365	18	D, U, U, U, D	0.0321
3	U, U, U, D, U	0.0351	19	D, U, U, D, U	0.0309
4	U, U, U, D, D	0.0338	20	D, U, U, D, D	0.0298
5	U, U, D, U, U	0.0350	21	D, U, D, U, U	0.0309
6	U, U, D, U, D	0.0311	22	D, U, D, U, D	0.0274
7	U, U, D, D, U	0.0325	23	D, U, D, D, U	0.0286
8	U, U, D, D, D	0.0313	24	D, U, D, D, D	0.0276
9	U, D, U, U, U	0.0351	25	D, D, U, U, U	0.0336
10	U, D, U, U, D	0.0311	26	D, D, U, U, D	0.0298
11	U, D, U, D, U	0.0299	27	D, D, U, D, U	0.0286
12	U, D, U, D, D	0.0288	28	D, D, U, D, D	0.0276
13	U, D, D, U, U	0.0325	29	D, D, D, U, U	0.0311
14	U, D, D, U, D	0.0288	30	D, D, D, U, D	0.0276
15	U, D, D, D, U	0.0301	31	D, D, D, D, U	0.0288
16	U, D, D, D, D	0.0290	32	D, D, D, D, D	0.0278

Keterangan:

U = Up

D = Down

- Peluang Observasi dari Pembagian 5 *State*

No	Observable State	Peluang	No	Observable State	Peluang
1	U, U, U, U, U	0.0412	17	D, U, U, U, U	0.0364
2	U, U, U, U, D	0.0365	18	D, U, U, U, D	0.0322
3	U, U, U, D, U	0.0350	19	D, U, U, D, U	0.0310
4	U, U, U, D, D	0.0338	20	D, U, U, D, D	0.0299
5	U, U, D, U, U	0.0350	21	D, U, D, U, U	0.0310
6	U, U, D, U, D	0.0311	22	D, U, D, U, D	0.0275
7	U, U, D, D, U	0.0323	23	D, U, D, D, U	0.0288
8	U, U, D, D, D	0.0311	24	D, U, D, D, D	0.0275
9	U, D, U, U, U	0.0350	25	D, D, U, U, U	0.0337
10	U, D, U, U, D	0.0311	26	D, D, U, U, D	0.0299
11	U, D, U, D, U	0.0298	27	D, D, U, D, U	0.0287
12	U, D, U, D, D	0.0288	28	D, D, U, D, D	0.0278
13	U, D, D, U, U	0.0327	29	D, D, D, U, U	0.0310
14	U, D, D, U, D	0.0289	30	D, D, D, U, D	0.0275
15	U, D, D, D, U	0.0301	31	D, D, D, D, U	0.0285
16	U, D, D, D, D	0.0286	32	D, D, D, D, D	0.0272

Keterangan:

U = Up

D = Down

- Peluang Observasi dari Pembagian 6 *State*

No	Observable State	Peluang	No	Observable State	Peluang
1	U, U, U, U, U	0.0397	17	D, U, U, U, U	0.0357
2	U, U, U, U, D	0.0360	18	D, U, U, U, D	0.0324
3	U, U, U, D, U	0.0351	19	D, U, U, D, U	0.0315
4	U, U, U, D, D	0.0335	20	D, U, U, D, D	0.0301
5	U, U, D, U, U	0.0355	21	D, U, D, U, U	0.0312
6	U, U, D, U, D	0.0314	22	D, U, D, U, D	0.0276
7	U, U, D, D, U	0.0322	23	D, U, D, D, U	0.0283
8	U, U, D, D, D	0.0316	24	D, U, D, D, D	0.0279
9	U, D, U, U, U	0.0351	25	D, D, U, U, U	0.0332
10	U, D, U, U, D	0.0317	26	D, D, U, U, D	0.0300
11	U, D, U, D, U	0.0303	27	D, D, U, D, U	0.0287
12	U, D, U, D, D	0.0289	28	D, D, U, D, D	0.0274
13	U, D, D, U, U	0.0322	29	D, D, D, U, U	0.0313
14	U, D, D, U, D	0.0285	30	D, D, D, U, D	0.0278
15	U, D, D, D, U	0.0311	31	D, D, D, D, U	0.0282
16	U, D, D, D, D	0.0285	32	D, D, D, D, D	0.0262

Keterangan:

U = Up

D = Down

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**LAMPIRAN F**  
**Prediksi ISSI pada Pembagian 3, 5, dan 6 State**

- Nilai Prediksi ISSI pada Pembagian 3 State

<b>Tanggal</b>	<b>Nilai Prediksi</b>	<b>Data Aktual</b>
3 April 2017	[180.9610 , 185.0280)	181.667
4 April 2017	[181.4300 , 189.5640)	183.419
5 April 2017	[181.8990 , 194.1000)	183.951
6 April 2017	[182.3680 , 198.6360)	182.907
7 April 2017	[182.8370 , 203.1720)	181.699

- Nilai Prediksi ISSI pada Pembagian 5 State

<b>Tanggal</b>	<b>Nilai Prediksi</b>	<b>Data Aktual</b>
3 April 2017	[180.1476 , 182.5878)	181.667
4 April 2017	[179.8032 , 184.6836)	183.419
5 April 2017	[179.4588 , 186.7794)	183.951
6 April 2017	[179.1144 , 188.8752)	182.907
7 April 2017	[178.7700 , 190.9710)	181.699

- Nilai Prediksi ISSI pada Pembagian 6 State

<b>Tanggal</b>	<b>Nilai Prediksi</b>	<b>Data Aktual</b>
3 April 2017	[180.9610 , 182.9945)	181.667
4 April 2017	[181.4300 , 185.4970)	183.419
5 April 2017	[181.8990 , 187.9995)	183.951
6 April 2017	[182.3680 , 190.5020)	182.907
7 April 2017	[182.8370 , 193.0045)	181.699

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BIODATA PENULIS**



Penulis memiliki nama lengkap Risa Septi Pratiwi, lahir di Bogor, pada 5 September 1995. Terlahir sebagai anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Suprpto dan Yuli Ari Chandraning Tyas. Pendidikan formal yang ditempuh penulis dimulai dari TK Kartika XII-7 Depok (2000-2001), SDN Gunung Sari II Surabaya (2001-2007), SMP Negeri 16 Surabaya (2007-2008), SMP Negeri 1 Srengat (2008-2010), SMA Negeri 1 Srengat (2010-2013). Kemudian pada tahun 2013, penulis melanjutkan studi ke jenjang S1 di Departemen Matematika ITS melalui jalur SNMPTN. Di Departemen Matematika ITS penulis mengambil bidang minat Matematika Terapan.

Selama kuliah, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi. Pada tahun 2014-2015 penulis menjadi staff Departemen Hubungan Luar HIMATIKA ITS, staff Pengembangan Sumber Daya Anggota Kopma Dr. Angka ITS, staff keputrian LDJ Ibnu Muqlah, dan menjadi anggota sie Kestari Olimpiade Matematika ITS (OMITS) 2015. Pada tahun 2015-2016, penulis menjadi staff ahli External Affair Department HIMATIKA ITS dan menjadi anggota sie Konsumsi OMITS 2016.

Demikian biodata penulis. Jika ingin memberikan kritik, saran, tanggapan dan diskusi mengenai Laporan Tugas Akhir ini, bisa melalui email [risapратиwi26@gmail.com](mailto:risapратиwi26@gmail.com). Terimakasih.