IMPLEMENTASI *HIDDEN MARKOV MODEL* (HMM) DALAM PREDIKSI *TREND* PASAR SAHAM PT. INDOFOOD SUKSES MAKMUR,TBK. DI BURSA EFEK INDONESIA

ADELEA DELVI DEANOVELA
NIM H1091211019

SKRIPSI

PROGRAM STUDI STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

IMPLEMENTASI *HIDDEN MARKOV MODEL* (HMM) DALAM PREDIKSI *TREND* PASAR SAHAM PT. INDOFOOD SUKSES MAKMUR,TBK. DI BURSA EFEK INDONESIA

ADELEA DELVI DEANOVELA
NIM H1091211019

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelas
Sarjana Statistik pada Program Studi Statistika



PROGRAM STUDI STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Implementasi *Hidden Markov Model* (HMM) dalam Prediksi *Trend* Pasar Saham PT.Indofood Sukses Makmur, Tbk. di Bursa Efek Indonesia
Nama Mahasiswa	:	Adelea Delvi Deanovela
NIM	:	H1091211019
Jurusan/Program Studi	:	Matematika/Statistika
Tanggal Lulus	:	30 Juli 2025
SK Pembimbing	:	No. 2598/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 2 September 2024
SK Penguji	:	No. 2411/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal 24 Juli 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Nurfitri Imro'ah, M.Si.	Shantika Martha, M.Si.
NIP 198907182019032021	NIP 198403082008122003

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dr. Evy Sulistianingsih, M.Sc	Neva Satyahadewi, M.Sc.,CRA., CRP.,CRMP
NIP 198502172008122006	NIP 198212042005012001

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Nurfitri Imro'ah, M.Si.	Shantika Martha, M.Si.
NIP 198907182019032021	NIP 198403082008122003

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, M.Si.
NIP 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Adelea Delvi Deanovela
NIM	:	H1091211019
Jurusan/Program Studi	:	Matematika/Statistika
Fakultas	:	Matematika Ilmu dan Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila dikemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagai mestinya.

Pontianak, 24 Juni 2025



Adelea Delvi Deanovela

H1091211019

Implementasi *Hidden Markov Model* (HMM) dalam Prediksi *Trend* Pasar Saham Pt. Indofood Sukses Makmur,Tbk. di Bursa Efek Indonesia

Abstrak

Saham merupakan salah satu instrumen investasi populer karena potensi keuntungannya yang tinggi, serta fungsinya sebagai sumber pendanaan perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dan menyempurnakan parameter *Hidden Markov Model* menggunakan Algoritma *Baum-Welch*, serta menerapkan Algoritma *Forward-Backward* dan *Viterbi* untuk memperoleh prediksi *trend* pasar saham PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk. HMM mampu memodelkan keadaan tersembunyi dari pergerakan harga saham yang bersifat stokastik dan tidak dapat diamati secara langsung, sehingga dapat memberikan gambaran pola pergerakan saham INDF yang tersembunyi. Data yang digunakan berupa harga penutupan saham harian selama 2 tahun dari tanggal 3 Januari 2022 hingga 7 Juni 2024 yang diperoleh dari *website yahoo finance* yang kemudian diolah menjadi perubahan harga dan dikategorikan ke dalam tiga *trend*, yaitu naik, turun, dan tetap. Data kemudian dibagi menjadi 80% data *training* dan *20%* data *testing*. Hasil dari Algoritma *Forward-Backward* dan *Viterbi* selama 96 pengamatan terhadap pola perubahan harga saham yaitu Turun, Naik, Tetap, Turun, Turun, Turun, Tetap, Naik, Naik,…, Tetap, menghasilkan prediksi pergerakan *trend* pasar saham dengan barisan *hidden state* optimal yang sama yaitu *Bearish, Bullish, Bullish, Bearish, Bearish, Bearish, Bullish, Bullish, Bullish,…, Bullish*. Model HMM mampu memetakan dan memprediksi arah *trend* saham dengan tingkat akurasi mencapai 72%. Temuan ini mengidentifikasikan bahwa meskipun tidak sempurna, HMM cukup handal dalam mengenali pola tersembunyi dari pergerakkan harga saham INDF dan memberikan prediksi yang cukup akurat. Dari hasil prediksi tersebut maka sebaiknya PT.Indofood Sukses Makmur tidak terburu-buru dalam mengambil keputusan untuk menjual saham, karena kenaikan harga saham tidak selalu mencerminkan kondisi *trend* pasar saham dalam posisi *bullish.*

Kata kunci: Algoritma *Forward-Backward*, Algoritma *Viterbi*, Algoritma *Baum-Welch*, Investasi Pasar Modal, Analisis Runtun Waktu

The Implementation of Hidden Markov Model (HMM) for Predicting the Stock Market Trend of PT Indofood Sukses Makmur,Tbk. on the Indonesia Stock Exchange

Abstract

Stocks are one of the most popular investment instruments due to their high profit potential and their role as a source of funding for companies. This study aims to determine and optimize the parameters of the Hidden Markov Model (HMM) using the Baum-Welch Algorithm, as well as to apply the Forward-Backward and Viterbi Algorithms to obtain predictions of the stock market trend of PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk. HMM is capable of modeling the hidden states of stock price movements, which are stochastic and cannot be directly observed, thereby revealing the underlying pattern of INDF stock movements. The data used consists of daily closing stock prices over a 2-year period, from January 3, 2022 to June 7, 2024, obtained from the Yahoo Finance website. These prices were then processed into price changes and categorized into three trends: up, down, and stable. The dataset was divided into 80% training data and 20% testing data. Results from the Forward-Backward and Viterbi Algorithms on 96 observations of stock price changes—such as Down, Up, Stable, Down, Down, Down, Stable, Up, Up, ..., Stable—produced the same sequence of optimal hidden states: Bearish, Bullish, Bullish, Bearish, Bearish, Bearish, Bullish, Bullish, Bullish, ..., Bullish. The HMM model was able to map and predict the direction of stock market trends with an accuracy rate of 72%. These findings indicate that, although not perfect, HMM is fairly reliable in identifying hidden patterns in INDF stock price movements and producing reasonably accurate predictions. Therefore, based on these predictions, PT. Indofood Sukses Makmur should not rush into selling its shares, as a price increase does not always reflect a bullish market trend.

Keywords*: Forward-Backward Algorithm, Viterbi Algorithm, Baum-Welch Algorithm, Capital Market Investment, Time Series Analysis*

PRAKATA

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, berkat limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan judul "Implementasi *Hidden Markov Model* (HMM) dalam Prediksi *Trend* Pasar Saham PT.Indofood Sukses Makmur, Tbk. di Bursa Efek Indonesia". Skripsi ini adalah salah satu syarat dari beberapa persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana Statistika pada Program Studi Statistika, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, arahan dan dukungan dari berbagai pihak terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang tercinta, yang selalu memberikan semangat dan doa yang selalu mengalir mendoakan kelancaran penulis dalam menyelesaikan pendidikan.
2. Abang Ipar, Kakak dan keponakan penulis yang selalu memberikan dukungan dan menjadi *support system* penulis selama penulisan skripsi.
3. Ibu Nurfitri Imro'ah, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberi masukan, serta motivasi yang bermanfaat bagi penulis dalam mejalankan proses penulisan skripsi.
4. Ibu Shantika Martha, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan saran dan masukan untuk melakukan perbaikan penulisan skripsi sehingga menjadi lebih baik.
5. Ibu Dr. Evy Sulistianingsih, M.Sc., selaku Dosen Penguji Pertama yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan isi dan penyajian skripsi ini.
6. Ibu Neva Satyahadewi, M.Sc.,CRA.,CRP.,CRMP., selaku Dosen Penguji Kedua yang telah memberikan masukan berharga untuk peningkatan kualitas penulisan skripsi ini.

7. Bapak Bayu Prihandono, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran dan motivasi kepada penulis selama proses perkuliahan.
8. Rizha Aynul Fiqriani, Mely Amara Putri, Dini Dwi Savitri dan Rahmanisa Cahyani yang telah menamani penulis selama masa perkuliahan serta menjadi *Support System* yang berarti selama proses penyusunan tugas akhir.
9. Nelly, Elia, Uli, Yola, Jesinta, Havio, Yansen, dan Zio yang telah menjadi sahabat terdekat dan selalu memberikan dukungan, semangat, serta kebersamaan dalam berbagai suka dan duka selama masa perkuliahan, khususnya dalam proses penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman "Expos" yang berjuang bersama di Program Studi Statistika dan selalu memberikan dorongan serta motivasi hingga bertahan sampai saat ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat menjadi kemajuan ilmu pengetahuan.

Pontianak, 24 Juni 2025

Adelea Delvi Deanovela
H1091211019

DAFTAR ISI

Abstrak iv
Abstract v
PRAKARTA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR SIMBOL xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Batasan Masalah 5
1.5 Tinjauan Pustaka 5
1.6 Metodologi Penelitian 7
BAB II LANDASAN TEORI 12
2.1 Proses Markov 12
2.2 Prediksi 13
2.3 Bursa Efek Indonesia 14
2.4 Saham 14
2.5 Perubahan Harga Saham 15
2.6 *Trend* Pasar 15
BAB III HIDDEN MARKOV MODEL 18
3.1 *Hidden Markov Model* (HMM) 18
3.1.1 Bentuk Umum *Hidden Markov Model* 19
3.1.2 Tiga Masalah Khusus dalam *Hidden Markov Model* 19
3.2 Metode Penyelesaian Masalah pada *Hidden Markov Model* 22
3.2.1 Algoritma *Forward* 22
3.2.2 Algoritma *Backward* 23
3.2.3 Algoritma *Viterbi* 26

3.2.4 Algoritma *Baum-Welch* 28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 30
4.1 Statistik Deskriptif 30
4.2 Klasifikasi Data Saham 31
4.2.1 Perubahan Harga Saham 31
4.2.2 Pergerakan *Trend* saham 32
4.3 Penyelesaian dengan *Hidden Markov Model* 33
4.3.1 Estimasi Parameter *Hidden Markov Model* 33
4.4 Hasil Penyelesaian dengan *Hidden Markov Model* 39
4.4.1 Algoritma *Forward-Backward* 39
4.4.2 Algoritma *Viterbi* 47
4.4.4 Algoritma *Baum-Welch* 52
BAB V KESIMPULAN 58
DAFTAR PUSTAKA 60
LAMPIRAN 62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Pergerakan Harga Penutupan (*Closed Price*) Saham INDF. 31

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Statistik Deskriptif 30
Tabel 4. 2 Perpindahan Antar *Hidden State* 34
Tabel 4. 3 Perpindahan Antar *Observed state* dan *Hidden state* 36
Tabel 4. 4 Jumlah *Observed State* dan *Hidden state* 38

DAFTAR SIMBOL

N: Banyak elemen *Hidden State*, yaitu *trend market* yang meliputi *bullish, bearish* dan *sideways trend*.

M: Banyak elemen *Observe State*, yaitu perubahan harga yang meliputi perubahan naik, turun,dan tetap.

T: Banyak Pengamatan (Observasi)

$\boldsymbol{A}$: Matriks Probabilitas Perpindahan *Hidden State* (Matriks Transisi) $\{a_{ij}\}$

$\boldsymbol{B}$: Matriks Probabilitas Observasi (Matriks Emisi) $\{b(v_k)\}$

$\boldsymbol{\pi}$: Matriks Distribusi Awal

O: Barisan observasi *State* $(O_1, O_2, \dots, O_T)$

Q: Himpunan *Hidden State* $\{q_1, q_2, \dots, q_N\}$

V: Himpunan *Observed State* $\{v_1, v_2, \dots, v_M\}$

X_t: Barisan *Hidden State* $(X_1, X_2, \dots, X_n)$

k: Keadaan terobservasi

P: Peluang

$\delta_t(j)$: Rangkaian terbaik dengan kemungkinan terbesar

ψ: *Path* (jalur) terbaik pada saat sampai *state* ke *i*

ξ_t: Peluang proses pada waktu *t*

$\gamma_t(i)$: Peluang proses yang berada pada *state i* pada waktu *t*

$\widehat{\boldsymbol{\pi}}$: Taksiran matriks peluang keadaan awal

$\widehat{\boldsymbol{A}}$: Taksiran matriks transisi

$\widehat{\boldsymbol{B}}$: Taksiran matriks emisi

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perubahan Harga Saham dan Pergerakan *Trend* Saham INDF 62
Lampiran 2. Hasil Perhitungan Algoritma *Forward-Backward* 80
Lampiran 3. Hasil Perhitungan Algoritma *Viterbi* 83
Lampiran 4. Perbandingan Prediksi Algoritma *Forward-Backward* dan *Viterbi* 86
Lampiran 5. Pengerjaan Menggunakan *Software Matlab* 89

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saham merupakan salah satu instrumen investasi yang banyak diminati untuk diperdagangkan di bursa efek. Para investor membeli dan menjual saham dengan harapan dapat memperoleh keuntungan dari selisih harga. Namun, harga saham bergerak naik, tetap, atau turun dalam satu periode tertentu yang perubahannya sulit untuk diprediksi secara pasti (Azhura dan Rosha, 2024). Pergerakan harga saham tersebut terjadi secara acak, tetapi masih memiliki pola yang bisa dipelajari dari pergerakan sebelumnya. Hal tersebut merupakan suatu proses stokastik, yaitu suatu proses yang dipengaruhi oleh keadaan sebelumnya, seperti harga saham hari ini dipengaruhi oleh harga saham pada satu hari sebelumnya, dan harga saham pada esok hari dipengaruhi oleh harga saham hari ini. Dengan demikian, pergerakan harga saham ini adalah sebuah Rantai Markov (Lestari dan Jasuni, 2023).

Meski demikian, pergerakan harga saham tidak hanya dipengaruhi oleh data sebelumnya tetapi juga oleh banyak faktor lain, seperti kondisi ekonomi, kebijakan pemerintah, situasi politik, serta sentimen pasar. Karena itulah, memprediksi arah pergerakan harga saham menjadi hal yang cukup rumit. Para Investor memerlukan alat atau metode analisis yang bisa membantu memahami pola tersembunyi dalam pergerakan harga saham agar dapat mengambil keputusan investasi yang lebih tepat, seperti kapan waktu yang baik untuk membeli atau menjual saham.

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam memodelkan dan memprediksi pergerakan harga saham adalah *Hidden Markov Model* (HMM). Selain HMM, beberapa metode lain yang umum digunakan dalam analisis pasar saham antara lain *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), *Support Vector Machine* (SVM), *Artificial Neural Network* (ANN), dan *Long Short-Term Memory* (LSTM). Keunggulan utama HMM dibandingkan metode lainnya terletak pada kemampuannya dalam memodelkan *hidden state* atau keadaan tersembunyi yang tidak dapat diamati secara langsung, namun memiliki pengaruh terhadap data

observasi, seperti arah *trend* pasar saham. HMM mampu menggambarkan dinamika transisi antar kondisi pasar secara probabilistik dan memperhitungkan ketergantungan waktu dalam data. Dengan demikian, HMM tidak hanya menghasilkan prediksi, tetapi juga menawarkan pemahaman yang lebih dalam terhadap struktur dan pola tersembunyi di balik fluktuasi harga saham. Hal ini menjadikan HMM relevan dan potensial untuk digunakan dalam pengambilan keputusan investasi di pasar modal.

HMM merupakan perluasan dari Rantai Markov dimana keadaan sesungguhnya tidak dapat diamati secara langsung (tersembunyi), tetapi dapat diobservasikan atau diamati seperti harga saham. HMM sudah banyak digunakan dalam pemodelan yang bersifat stokastik seperti pada pemodelan DNA, perkiraan cuaca hingga aplikasi seperti deteksi suara dan wajah. Dalam dunia saham, HMM sendiri sering kali digunakan dalam analisis prediksi harga saham karena memiliki kemampuan untuk memodelkan transisi antar *state* tak teramati yang merepresentasikan kondisi pasar (*Bullish* atau *Bearish*) dan probabilitas emisi observasi (kenaikan atau penurunan harga). Pada penelitian ini, *state* yang digunakan dibatasi oleh tiga *state*, yaitu *up trend* (*Bullish*) artinya pergerakan harga saham cenderung naik, *down trend* (*Bearish*) artinya pergerakan harga saham turun, dan *sideways trend* artinya pergerakkan harga saham cenderung datar atau tetap (Purnama, Yundari, dan Huda, 2023).

Dalam penerapannya, HMM memiliki tiga permasalahan utama yang harus diselesaikan yakni *evaluation problem, decoding problem,* dan *learning problem.* Ketiga permasalahan ini masing-masing berkaitan dengan bagaimana menghitung kemungkinan urutan observasi, menentukan urutan keadaan tersembunyi yang paling mungkin, serta memperkirakan parameter model yang paling sesuai. Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan tiga algoritma utama, yang meliputi Algoritma *Forward-Backward*, Algoritma *Viterbi* dan Algoritma *Baum-Wech.* Algoritma *Forward* digunakan untuk menghitung probabilitas dari suatu urutan barisan observasi berdasarkan parameter model yang ada. Sementara itu,

Algoritma *Viterbi* dan *Forward-Backward* digunakan untuk menyelesaikan *decoding problem*, yaitu untuk menentukan urutan *hidden state* yang paling mungkin berdasarkan observasi yang telah dilakukan. Adapun Algoritma *Baum-Welch* digunakan untuk menyelesaikan *learning problem*, yatu mengestimasi ulang parameter-parameter model HMM yang telah diperoleh sebelumnya agar lebih sesuai dengan data yang diamati (Mamonto, Langi, dan Rindengan, 2016). Ketiga algoritma tersebut bekerja dengan saling saling melengkapi dalam memodelkan pola tersembunyi dalam data agar dapat melakukan prediksi secara lebih akurat.

Bursa Efek Indonesia (BEI) adalah pihak yang menyelenggarakan dan menyediakan sistem atau sarana untuk mempertemukan penawaran dan permintaan efek dari berbagai pihak, dengan tujuan memperdagangkan efek di antara mereka. Efek yang umum diperdagangkan meliputi aset-aset keuangan seperti obligasi, reksa dana, dan saham (Purnama, Yundari, dan Huda, 2023). Salah satu saham yang cukup dikenal di pasar modal adalah milik PT Indofood Sukses Makmur, Tbk. (INDF), salah satu perusahaan besar di Indonesia yang bergerak disektor industri makanan dan minuman. Saham INDF sering menjadi perhatian investor karena, selain termasuk dalam kategori saham *bluechip*, produk *Indofood* juga sangat familier di masyarakat Indonesia sehingga memperkuat posisinya di pasar. Alasan tersebut, didukung oleh kinerja fundamental perusahaan yang diniai baik dan stabil serta pengaruhnya terhadap sektor industri konsumen, menjadi dasar penelitian ini untuk menemukan pola tersembunyi dari pergerakkan harga sahanya. Namun demikian, seperti saham lainnya, harga saham INDF tetap mengalami fluktuasi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik dari dalam perusahaan maupun dari kondisi eksternal seperti perubahan ekonomi nasional dan global. Berdasarkan dinamika tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Hidden Markov Model (HMM) dalam menganalisis dan memprediksi arah *trend* pergerakan harga saham INDF, apakah *bullish*, *bearish*, atau *sideways*. Penelitian ini juga difokuskan pada estimasi dan penyempurnaan parameter HMM menggunakan Algoritma *Baum-Welch*, serta penerapan Algoritma *Forward-Backward* dan *Viterbi* untuk

memperoleh prediksi *trend* pasar saham yang optimal. Hasil analisis tersebut diharapkan dapat meningkatkan akurasi prediksi arah pergerakan saham dan memberikan dasar pertimbangan yang lebih baik dalam pengambilan keputusan jual beli saham bagi para investor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan nilai parameter *Hidden Markov Model* pada analisis *trend* market berdasarkan data perubahan harga saham PT.Indofood Sukses Makmur, Tbk.?
2. Bagaimana menentukan pergerakan *trend* pasar yang optimal dari PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk. menggunakan Algoritma *Forward-Backward* dan Algoritma *Viterbi*?
3. Bagaimana penerapan analisis Algoritma *Forward-Backward* dan Algoritma *Viterbi* dalam HMM pada prediksi pergerakan *trend* pasar saham dalam pengambilan keputusan jual beli saham PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk. tahun 2024*?*
4. Bagaimana mengestimasi 3 parameter *Hidden Markov Model* $A, B,$ dan π menggunakan Algoritma *Baum-Welch* pada analisis *trend* market berdasarkan data perubahan harga saham PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk.?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan nilai parameter *Hidden Markov Model* pada analisis *trend market* berdasarkan data perubahan harga saham PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk..
2. Menentukan pergerakan *trend* pasar yang optimal dari PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk. menggunakan Algoritma *Forward-Backward* dan Algoritma *Viterbi*.
3. Menentukan penerapan analisis Algoritma *Forward-Backward* dan Algoritma

Viterbi dalam HMM pada prediksi pergerakan *trend* pasar saham dalam pengambilan keputusan jual beli saham PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk. tahun 2024.

4. Mengestimasi parameter *Hidden Markov Model* dengan Algoritma *Baum-Welch* untuk meningkatkan akurasi model dalam analisis *trend* pasar.

1.4 Batasan Masalah

Supaya permasalahan lebih terarah pada pembahasan yang ada, maka diperlukan adanya pembatasan masalah. Batasan pada penelitian ini, yaitu:

1. Data yang digunakan merupakan data harga pembukaan (*open*), harga penutupan (*closed*), harga tertinggi (*high*), harga terendah (*low*). dari PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk selama 2 tahun dari tanggal 3 Januari 2022 sampai dengan tanggal 7 Juni 2024 yang diperoleh secara *online* disitus http://finance.yahoo.com.
2. Data dibagi menjadi dua, yang pertama merupakan data percobaan yang digunakan sebagai pemodelan yang diambil mulai dari tanggal 2 Januari 2022 sampai dengan tanggal 29 Desember 2023. Kemudian data kedua adalah data pelatihan digunakan sebagai data pengamatan untuk menguji model yang diambil mulai dari tanggal 2 Januari 2024 sampai dengan tanggal 7 Juni 2024.
3. HMM memiliki tiga permasalahan utama yang harus diselesaikan yakni *evaluation problem, decoding problem,* dan *learning problem.* Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan tiga algoritma utama, yang meliputi Algoritma *Forward-Backward*, Algoritma *Viterbi* dan Algoritma *Baum-Wech*.

1.5 Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai *Hidden Markov Model* (HMM) dalam analisis harga saham telah banyak dilakukan, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Mamonto, Langi, dan Rindengan (2016) yang menunjukkan bahwa HMM efektif dalam memprediksi peluang kenaikan harga saham. Hasil penelitian tersebut menunjukkan

bahwa saham PT. Bank Mandiri, Tbk memiliki peluang tertinggi untuk periode satu minggu dan satu bulan, sementara PT. Bank BRI Tbk memiliki peluang tertinggi untuk satu tahun.

Penelitian lain dilakukan oleh Purnama, Yundari, dan Huda (2023), yang membahas penggunaan Algoritma *Viterbi* dalam analisis pergerakan harga saham PT. Bank Central Asia, Tbk, selama tahun 2022. Hasil analisis menunjukkan bahwa waktu yang tepat untuk menjual saham adalah saat harga naik dalam *trend bullish*, sedangkan waktu untuk membeli adalah saat harga turun dalam *trend bearish*. Penelitian ini menekankan pentingnya analisis teknikal dan algoritma Viterbi dalam pengambilan keputusan investasi di pasar saham.

Selanjutnya, Pratiwi dan Utomo (2017), melakukan penelitian terkait penggunaan model *Hidden Markov* untuk memprediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) dengan data harian dari Januari 2016 hingga Maret 2017, dengan hasil analisis menunjukkan akurasi prediksi 100% untuk 4 dan 5 state, serta 80% untuk 3 dan 6 state. Model ini tidak dapat digunakan untuk 7 dan 8 state. Metodologi mencakup estimasi parameter menggunakan Algoritma *Baum-Welch* dan penentuan urutan keadaan tersembunyi dengan Algoritma *Viterbi*.

Sementara itu, Alimansyah dan Purqon (2016) menganalisis penggunaan *Hidden Markov Model* (HMM) untuk memprediksi harga 5 saham *blue-chip* di Indonesia. Hasil rata-rata galat RMSE yang diperoleh adalah 27,035%, menunjukkan bahwa meskipun HMM efektif dalam memprediksi pergerakan harga saham, hasilnya masih berupa perkiraan kasar. Oleh karena itu, disarankan untuk menambah jumlah *state* dan data yang digunakan, serta menerapkan metode Monte Carlo. Penelitian ini juga menjelaskan perbedaan antara analisis fundamental dan teknikal, serta pentingnya analisis saham yang andal di pasar saham Indonesia yang semakin berkembang.

1.6 Metodologi Penelitian

Pada penelitian langkah awal yang dilakukan adalah dengan mengumpulkan data historis saham PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk. Setelah data terkumpul, dilakukan analisis statistik deskriptif untuk melihat gambaran umum pergerakkan harga saham, seperti nilai maksimum saham, minimum saham dan rata-rata saham. Selanjutnya, membagi data menjadi dua, yaitu sebagai data percobaan untuk menyusun model dan sebagai data pelatihan untuk menguji ketepatan hasil prediksi model. Kemudian dilakukanlah pengelompokkan data harga saham menggunakan data yang terdiri dari harga penutupan (*Close*), harga pembukaan (*Open*), harga tertinggi (*High*), dan harga terendah (*Low*). Data-data tersebut kemudian digunakan untuk menentukan perubahan harga saham dan pergerakkan *trend* pasar saham. Perubahan harga saham meliputi perubahan harga naik, tetap atau turun dari harga pada periode sebelumnya, sedangkan *trend* pasar saham yaitu *bullish*, *bearish* dan *sideways* dengan menentukan nilai *pivot point* terlebih dahulu. Kondisi pasar dikatakan *bullish* jika perdagangan bursa dalam periode tertentu berada di atas nilai *pivot point*, dan jika terjadi sebaliknya dianggap *bearish* sedangkan jika nilai harga penutupan bernilai sama dengan *pivot point* maka *trend* pasar yang terjadi adalah *sideways*. Dari pengelompokkan ini, maka akan ditentukan pola *trend* pasar saham yang akan menjadi dasar observasi dalam HMM.

Setelah menentukan keadaan (*state*) yang meliputi *bullish* dan *bearish* serta *observed state* yaitu naik, turun atau tetap. Langkah selanjutnya adalah pemodelan permasalahan dengan menggunakan metode *Hidden Markov Model.* Langkah pertama dalam penyelesaian masalah dengan metode HMM adalah penentuan parameter yang akan digunakan dalam HMM berdasarkan data perubahan harga saham PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk. Pencarian parameter yang digunakan dalam *Hidden Markov Model*, yaitu:

1. Parameter Tertentu
    a. N yaitu banyaknya keadaan tersembunyi (*Hidden State*).

b. M yaitu banyaknya keadaan terobservasi (*Observed State*).

2. Parameter distribusi
   a. Probabilitas transisi yaitu $A = [a_{ij}]$ yang didapatkan dengan memperhatikan perpindahan keadaan (*state*) yang tersembunyi.
   b. Probabilitas observasi yaitu $B = [b_i(k)]$ yang didapatkan dengan mengamati perubahan harga yang terjadi.
   c. Distribusi keadaan awal yaitu $\pi = [\pi_i]$.

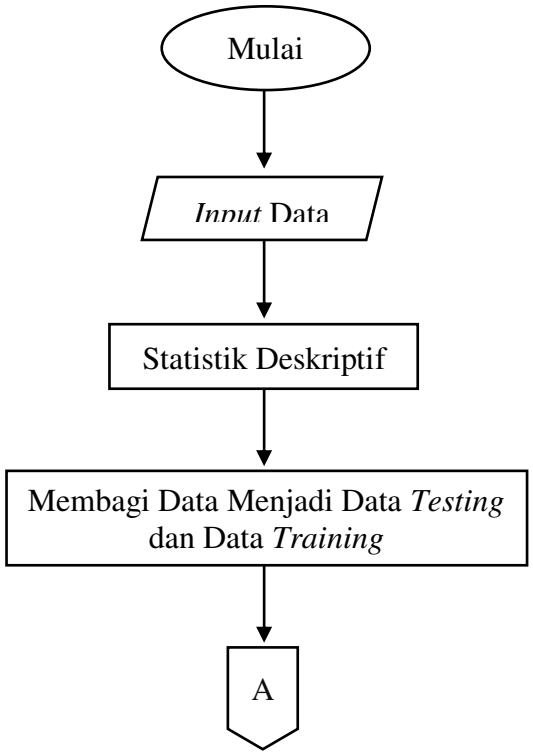
Langkah selanjutnya adalah dengan penyelesaian 3 permasalahan utama pada HMM. Sehingga, dengan diperoleh suatu barisan *observed state* yaitu $O = \{O_1, O_2, \dots, O_N\}$ dimana $O_1 = naik, O_2 = turun,$ dan $O_3 = tetap$.

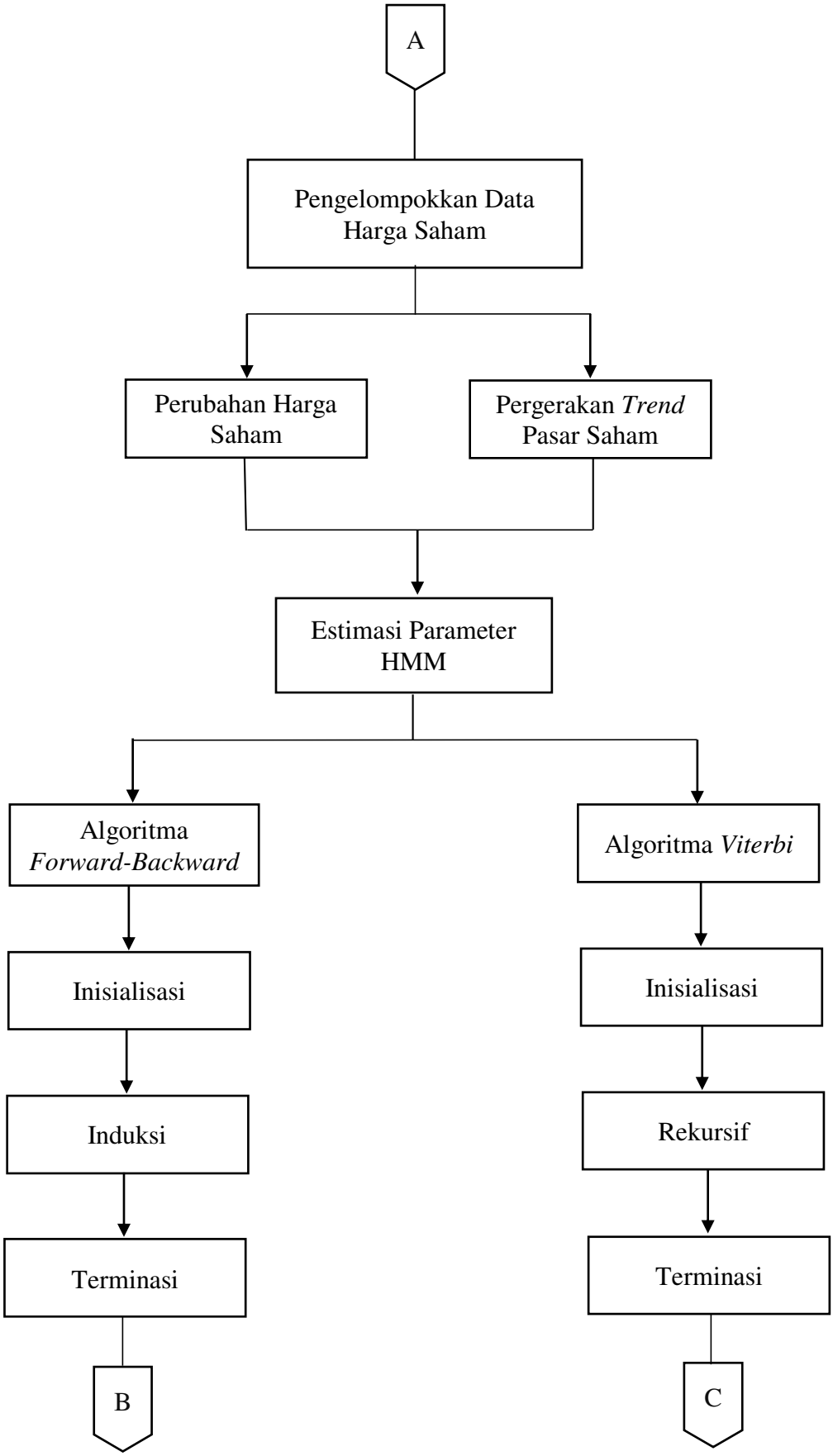
1. Permasalahan pertama adalah menghitung probabilitas dari suatu urutan observasi $O = O_1, O_2, \dots, O_N$, dengan asumsi diberikan suatu model HMM yang terdiri dari parameter $\lambda = (A, B, \pi)$, dimana A merupakan matriks transisi, B merupakan matriks emisi, dan π merupakan Probabilitas awal. Algoritma *Forward-Backward* digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pertama ini. Algoritma ini bekerja dengan dua tahap, yaitu *forward* untuk menghitung probabilitas suatu *state* dan *backward* untuk menghitung probabilitas dari *state* tersebut menuju akhir observasi. Hasilnya adalah gambaran seberapa besar probabilitas suatu *trend* dapat terjadi pada titik waktu tertentu.
2. Permasalahan kedua adalah menentukan urutan *hidden state* atau keadaan tersembunyi yang paling mungkin terjadi, dinotasikan dengan $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_T\}$, dimana q_1 menunjukkan keadaaan *bullish*, q_2 menunjukkan keadaan *bearish* dan q_3 menunjukkan keadaan *sideways*. Jika diberikan urutan observasi $O = O_1, O_2, \dots, O_N$ dan sebuah model $\lambda = (A, B, \pi)$, maka pada permasalahan kedua ini dapat digunakan dua pendekatan yaitu dengan menggunakan Algoritma *Viterbi* atau Algoritma *Forward-Backward*.

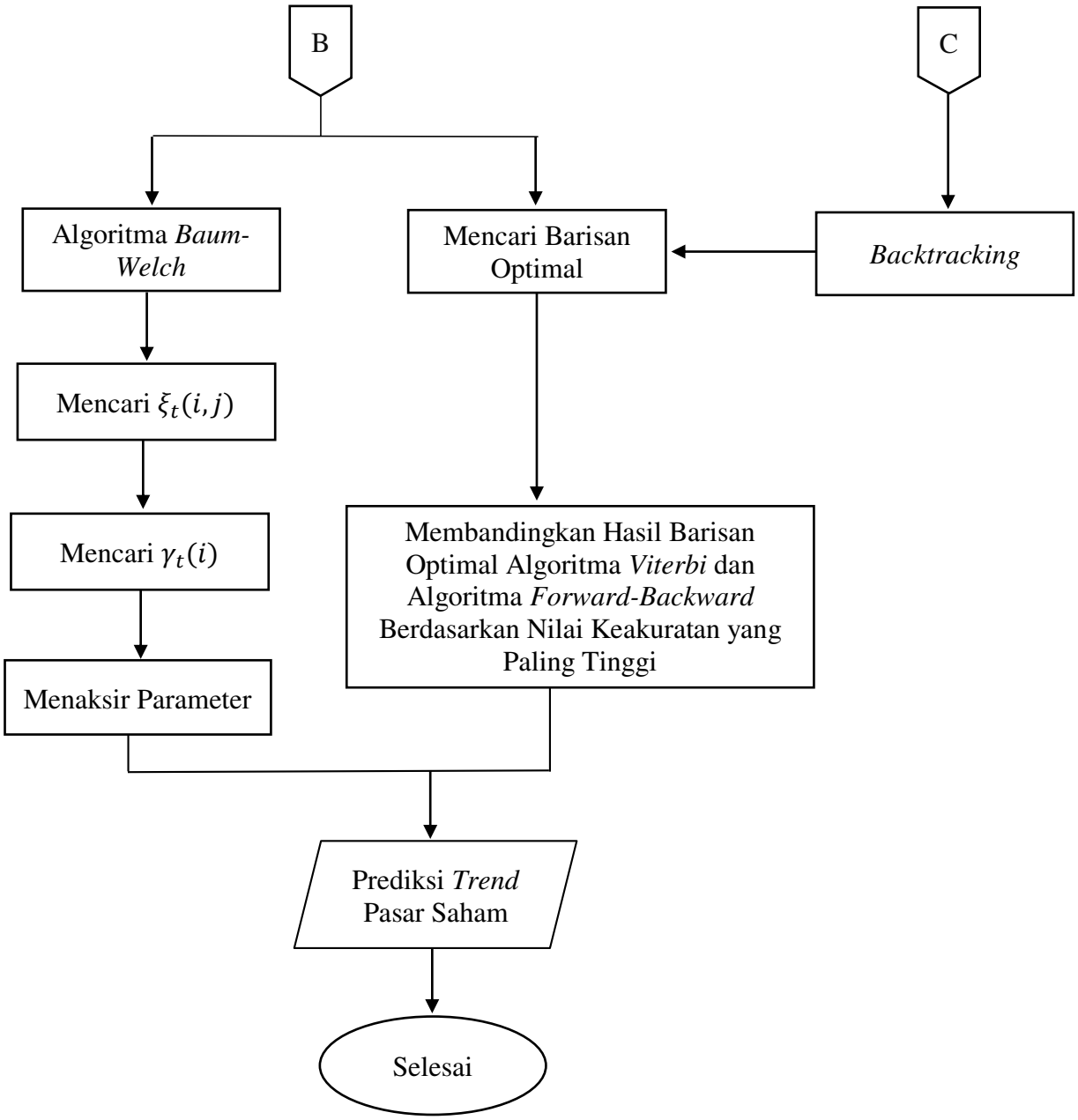
3. Permasalahan ketiga adalah melakukan penaksiran atau estimasi ulang terhadap parameter model $\hat{\lambda} = (\hat{A}, \hat{B}, \hat{\pi})$, agar model menjadi lebih akurat berdasarkan data observasi yang tersedia. Proses ini dilakukan dengan menggunakan Algoritma *Baum-Welch* yang merupakan salah satu bentuk dari Algoritma Ekspektasi Maksimum (EM) dalam konteks HMM.

Setelah semua proses tersebut dilakukan, maka dilakukanlah perbandingan hasil barisan optimal dari Algoritma *Forward-Backward* dan Algoritma *Viterbi*. Perbandingan tersebut dilakukan untuk melihat mana yang lebih akurat mendekati kenyataan berdasarkan data percobaan. Dari perbandingan tersebut, diperolehlah prediksi *trend* pasar saham *Indofood*, apakah *bullish*, *bearish*, dan *sideways* pada periode berikutnya. Dengan demikian, penelitian ini selesai dan menunjukkan bahwa HMM dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan dalam memahami pola pergerakkan *trend* pasar saham secara tersembunyi.

Pada penelitian ini, tahapan-tahapan yang dilakukan disajikan secara sistematis melalui Gambar 1.1, yang menggambarkan alur proses penelitian secara keseluruhan.




A
Pengelompokkan Data Harga Saham
Perubahan Harga Saham
Pergerakan *Trend* Pasar Saham
Estimasi Parameter HMM
Algoritma *Forward-Backward*
Inisialisasi
Induksi
Terminasi
B
Algoritma *Viterbi*
Inisialisasi
Rekursif
Terminasi
C



Gambar 1.1 Tahap Penelitian