



Aplikasi Algoritma Viterbi dalam *Hidden Markov Model* untuk Menganalisis *Trend* Pasar Saham di Bursa Efek (Studi Kasus di PT. Bank Central Asia, Tbk.)

Eligia Helvianti Tri Lina Purnama, Yundari, dan Nur'ainul Miftahul Huda

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura

E-mail: yundari@math.untan.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengaplikasikan algoritma Viterbi dalam Hidden Markov Model pada data pergerakan trend pasar saham di PT. Bank Central Asia, Tbk tahun 2022. Pada tahap awal dilakukan prediksi data harga saham penutupan PT Bank Central Asia, Tbk selama lima belas hari ke depan menggunakan metode ARIMA. Tahap kedua adalah mengklasifikasi data hasil dari prediksi. Tahapan ketiga adalah menentukan parameter-parameter Hidden Markov Model. Tahapan keempat menentukan barisan Hidden State dengan Algoritma Viterbi, dan tahap terakhir adalah menganalisis pengaplikasian Algoritma Viterbi pada pergerakan trend pasar saham. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa algoritma Viterbi digunakan untuk menentukan barisan Hidden State yang paling optimal dari suatu barisan *observed state*. Waktu yang tepat seorang investor mengambil keputusan untuk menjual saham adalah ketika harga saham dalam keadaan naik dan trend pasar saham dalam posisi *bullish* yaitu pada tanggal 4, 10, 16, 17, dan 21 Maret 2022. Sedangkan untuk membeli saham adalah ketika harga saham dalam keadaan turun dan trend pasar saham dalam posisi *bearish* yaitu tanggal 3,9, 14, 18, dan 23 Maret 2022.

© 2023 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

ABSTRACT

This study aims to analyze and apply the Viterbi algorithm in the Hidden Markov Model on stock market trend movement data at PT Bank Central Asia, Tbk in 2022. At the initial stage, the closing stock price data of PT Bank Central Asia, Tbk for the next fifteen days is predicted using the ARIMA method. Then, the second stage is classifying closing stock data as a result of predictions. The third stage is to determine the parameters of the Hidden Markov Model. The fourth stage is to determine the Hidden State sequence with the Viterbi Algorithm, and the last stage is to analyze the application of the Viterbi Algorithm to the movement of the stock market trend. The results show that the Viterbi algorithm is used to determine the most optimal Hidden State sequence from a sequence of observed states. The right time for an investor to make a decision to sell shares is when the stock price is rising and the stock market trend is in a bullish position, namely on the March 4th, 10th, 16th, 17th and 21th 2022. Meanwhile, buying shares is when the stock price is down and the stock market trend is in a bearish position, namely on the March 3rd, 9th, 14th, 18th and 23th 2022.

© 2023 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima 29 September 2023

Direvisi 10 Oktober 2023

Disetujui 24 Oktober 2023

Tersedia online 1 November 2023

Dipublikasikan 1 Desember 2023

Kata Kunci:

Algoritma Viterbi,
Hidden Markov Model,
Trend Pasar Saham.

Keywords:

Hidden Markov Model,
Stock Market Trends,
Viterbi Algorithm.

1. PENDAHULUAN

Hidden Markov Model (HMM) merupakan salah satu model yang digunakan dalam proses stokastik untuk kasus dalam Bursa Efek. HMM adalah perluasan dari rantai Markov dengan ruang keadaannya tidak dapat diamati secara langsung (tersembunyi) tetapi dapat diobservasi melalui suatu himpunan pengamat lainnya (Mamonto, Langi, & Rindengan, 2016). Beberapa metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah dalam HMM, yakni *evaluation problem* diselesaikan dengan algoritma *Forward-Backward*, *learning problem* diselesaikan dengan algoritma *Beum-Welch* dan *decoding problem* diselesaikan dengan algoritma *Viterbi* (Yulia & Devianto, 2018).

Algoritma *Viterbi* digunakan untuk menentukan barisan *Hidden State* yang paling optimal dari suatu barisan *observed state* (Pratiwi & Utomo, 2017). Algoritma tersebut diaplikasikan untuk menganalisis *trend* pasar saham di Bursa Efek berdasarkan data pergerakan *trend* harga saham dengan tujuan menganalisis algoritma *Viterbi* dalam *Hidden Markov Model*. Data yang digunakan merupakan harga pergerakan *trend* pasar saham di PT Bank Central Asia, Tbk tahun 2022. Ketika ingin menjual atau membeli saham yang diperdagangkan maka yang harus diperhatikan dan menjadi pertimbangan para investor adalah harga saham. *Hidden Markov Model* memberikan solusi bagi pihak untuk menentukan keputusan dalam membeli atau menjual saham (Yulia & Devianto, 2018).

Saham adalah tanda bukti kepemilikan modal atau dana suatu perusahaan. Secara umum saham merupakan salah satu instrument pasar keuangan yang sangat populer untuk diperdagangkan di bursa efek. Bursa Efek adalah pihak yang menyelenggarakan dan menyediakan sistem atau sarana untuk mempertemukan penawaran dan permintaan efek pihak-pihak lain dengan tujuan memperdagangkan efek di antara mereka. Efek yang umum diperdagangkan adalah aset-aset keuangan seperti obligasi, reksadana, dan saham (Rachpriliani, 2019). Dalam 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 cenderung turun, dan *sideways trend* artinya pergerakan saham cenderung datar atau tetap serta tidak ada perdagangan bursa di hari Sabtu, Minggu dan libur Nasional.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya mengenai model Hidden Markov. Pratiwi & Utomo (2017) meneliti tentang prediksi indeks saham syariah Indonesia menggunakan model hidden markov. Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) merupakan indikator pergerakan harga dari keseluruhan saham syariah yang tercatat di BEI. Penelitian tersebut bertujuan untuk memprediksi data Indeks Saham Syariah Indonesia dengan pembagian 3, 4, 5, dan 6 *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*.

Dalam 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 cenderung turun, dan *sideways trend* artinya pergerakan saham cenderung datar atau tetap, serta tidak ada perdagangan bursa di hari Sabtu, Minggu dan libur Nasional. Tahapan utama dalam pemodelan ini adalah yang pertama memprediksi data dengan model ARIMA yang kemudian hasil prediksi dari model ARIMA tersebut digunakan untuk tahapan utama yang kedua yaitu menentukan barisan *Hidden State*.

2. METODE

Tahapan pertama akan dimulai dengan memprediksi harga saham penutupan di bulan Maret 2022 yang mana dipilih 15 hari sebagai *observed state* menggunakan metode ARIMA. Tahap yang kedua yaitu mengklasifikasi data harga saham, berdasarkan ruang keadaannya yang dibagi menjadi dua klasifikasi, yaitu mengklasifikasi *observed state* berdasarkan perubahan harga saham, dan mengklasifikasi *Hidden State* berdasarkan perbandingan nilai dari harga saham penutupan atau *Close (C)* dan harga dari *pivot point (P)*. Selanjutnya tahapan ketiga adalah mencari parameter HMM. Tahapan keempat adalah menentukan barisan *Hidden State* dengan algoritma *Viterbi*. Tahapan terakhir yaitu pengaplikasian Algoritma *Viterbi* pada pergerakan *trend* Saham.

2.1 Model Deret Waktu ARIMA

Metode peramalan deret waktu adalah metode peramalan yang menggunakan data masa lalu untuk memprediksi kejadian yang akan datang. Sama halnya dengan harga saham yang harus dilakukan prediksi. Dengan adanya prediksi pada harga saham ini nantinya sangat bermanfaat bagi investor dalam mengambil keputusannya. Secara umum, model ARIMA (Box-Jenkins) dirumuskan dengan notasi sebagai berikut ARIMA (p, d, q) dimana p menunjukkan orde dari *Autoregressive (AR)*, d menunjukkan orde *differencing*, dan q menunjukkan orde dari *Moving Average (MA)* (Purnama & Juliana, 2020). Bentuk umum model ARIMA dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (Yuliyanti & Arliani, 2022):

$$\phi_p(B)(1 - B)^d Y_t = \theta_q(B)e_t$$

dengan:

$$\phi(B) : (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$$

$$\theta(B) : (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$$

$$\phi_p : \text{Parameter } Autoregressive \text{ ke-}p$$

$$\theta_q : \text{Parameter } Moving Average \text{ ke-}q$$

$$B : \text{Operator } backshift$$

$$Y_t : \text{Nilai pengamatan saat } t$$

$$d : \text{Ordo } differencing$$

$$e_t : \text{Nilai sisaan (error) saat ke-}t$$

$$p : \text{Ordo AR}$$

$$q : \text{Ordo MA}$$

Berikut tahapan-tahapan prediksi dengan metode ARIMA

1. Pemeriksaan kestasioneran data

Stasioner berarti bahwa tidak terjadinya pertumbuhan dan penurunan data. Suatu data dikatakan stasioner apabila pola data berada pada kesetimbangan disekitar nilai rata-rata dan varians (Hartati, 2017).

2. Identifikasi ordo

Dengan tujuan untuk menentukan bentuk model ARIMA yang tepat, identifikasi ordo dilakukan dengan membandingkan plot ACF dan PACF dengan sifat fungsi ACF dan PACF dari model ARIMA.

3. Estimasi parameter

Setelah melakukan identifikasi ordo, langkah berikutnya adalah mengestimasi parameter dalam model. Estimasi dari model ARIMA dilakukan dengan beberapa metode, seperti *Maximum Likelihood Estimator (MLE)* dan *Least Square* (kuadrat terkecil).

4. Uji diagnostik

Setelah estimasi dilakukan, maka parameter-parameter tersebut harus diuji tingkat signifikansinya. Pemilihan model terbaik yang telah diestimasi harus memenuhi asumsi-asumsi seperti sifat *White Noise*, tidak adanya korelasi serial pada residual dan normalitas dari residual (Hartati, 2017).

5. Prediksi data

Setelah parameter dari model ARIMA diestimasi dan dipilih model yang terbaik, maka model tersebut digunakan untuk memprediksi data di masa yang akan datang (Hartati, 2017).

2.2 Klasifikasi Data Harga Saham

Pada penelitian ini data diklasifikasi menjadi dua yaitu data perubahan harga saham, dan data pergerakan *trend* pasar saham PT. Bank Central Asia, Tbk.

1. Perubahan Harga Saham

Perubahan harga saham ditentukan menggunakan perbandingan nilai harga saham pada periode tertentu dengan periode sebelumnya. Perubahan tersebut dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu: perubahan naik, turun, dan tetap.

$$O = \begin{cases} Y_t - Y_{t-1} > 0, & \text{naik} \\ Y_t - Y_{t-1} < 0, & \text{turun} \\ Y_t - Y_{t-1} = 0, & \text{tetap} \end{cases}$$

Perubahan harga saham (O) dikatakan naik apabila $Y_t - Y_{t-1} > 0$ dengan Y_t adalah harga penutupan saham untuk periode t (sekarang) dan Y_{t-1} adalah harga penutupan untuk periode $t - 1$ (periode sebelumnya). Perubahan harga penutupan saham dikatakan turun ketika $Y_t - Y_{t-1} < 0$. Sedangkan perubahan harga penutupan saham dikatakan tetap ketika $Y_t - Y_{t-1} = 0$ (Bravely., 2023).

2. Pergerakan *Trend* Pasar Saham

Menentukan pergerakan *trend* pasar saham dilakukan dengan cara menghitung nilai *pivot point* (P), dengan menghitung rata-rata dari harga *high* (H), harga *low* (L), harga *open* (O) dan harga *close* (C). Selanjutnya dilanjutkan dengan mencari nilai *Resistance level* (R) dan *Support Level* (S), Nilai *Resistance level* pertama (R) dan *support level* pertama (S) ditunjukkan pada persamaan berikut (Sulaiman et al., 2020):

$$R = (2 \times P) - L$$

$$S = (2 \times P) - H$$

Setelah diperoleh hasil *pivot point* maka selanjutnya adalah menentukan pergerakan *trend* pasar saham. Langkah untuk menentukan pergerakan *trend* saham adalah dengan membandingkan nilai C dan P

$$\text{Pergerakan trend Pasar Saham} = \begin{cases} \text{Bullish, } C > P \\ \text{Bearish, } C < P \\ \text{Sideway, } C = P \end{cases}$$

Pergerakan *trend* pasar saham dikatakan dalam posisi *bullish*, jika $C > P$. Pergerakan *trend* pasar saham dikatakan dalam posisi *bearish*, jika $C < P$ dan pergerakan *trend* pasar saham dikatakan dalam posisi *sideways*, jika $C = P$.

2.3 Pencarian Parameter dalam HMM

Pencarian parameter yang digunakan dalam HMM, yaitu (Pratiwi & Utomo, 2017):

1. \mathbf{N} yaitu banyaknya keadaan tersembunyi (*Hidden State*).
2. \mathbf{M} yaitu banyaknya keadaan terobservasi (*observed state*).
3. Probabilitas transisi yaitu $\mathbf{A} = \{a_{ij} = P(X_{t+1} = q_j | X_t = q_i)\}$ untuk setiap $1 \leq i \leq 1$ dan $1 \leq j \leq N$. Dengan kata lain, matriks probabilitas transisi (\mathbf{A}) diperoleh dengan memperhatikan perpindahan *Hidden State* dan \mathbf{A} matriks berukuran $N \times N$.
4. Probabilitas observasi yaitu $\mathbf{B} = b_i(v_k) = P(O_t = v_k | X_t = q_i)$ untuk setiap $1 \leq i \leq N$ dan $1 \leq k \leq M$. Dengan kata lain, matriks probabilitas observasi (\mathbf{B}) diperoleh dengan memperhatikan perubahan *observed state* dan \mathbf{B} matriks berukuran $N \times M$.
5. Distribusi keadaan awal yaitu $\boldsymbol{\pi} = \{\pi_i\}, \pi_i = P(X_0 = q_i)$ untuk setiap $1 \leq i \leq N$ dan $1 \leq \pi_i \leq 1$.

2.4 Penentuan Barisan *Hidden State* dengan Algoritma Viterbi

Algoritma Viterbi diperkenalkan oleh Andrew J Viterbi pada tahun 1967. Algoritma Viterbi merupakan algoritma *dynamic programming* untuk menemukan barisan *Hidden State* yang paling maksimal dari suatu barisan observasi. Berikut adalah langkah-langkah dalam algoritma *Viterbi* untuk menentukan barisan *state* terbaik (Yulia & Devianto, 2018):

1. Inisialisasi

Pada saat $t = 1$ diperoleh

$$\begin{aligned} \delta_1(1) &= P(X_1 = i, O_1) \\ &= P(O_1 | X_1 = i)P(X_1 = i) \end{aligned}$$

dengan mensubstitusikan asumsi awal pada HMM, yaitu $b_i(v_k) = P(O_t = v_k | X_t = i)$, selanjutnya dapat ditulis:

$$\delta_1(1) = \pi_1 b_1(O_1) \text{ dengan } 1 \leq i \leq N \quad (1)$$

Pada tahap ini diperoleh:

$$\psi_1(i) = 0.$$

2. Rekursif

Pada tahap ini diperoleh rangkaian terbaik pada pengamatan ke-2 sampai dengan ke-15 dengan persamaan sebagai berikut:

$$\delta_t(j) = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}] \cdot b_j(O_t) \quad (2)$$

dengan $2 \leq i \leq T, 1 \leq j \leq N$.

Selanjutnya diperoleh nilai dari path (*observed state* atau perubahan harga saham selama 15 hari pengamatan) terbaik dengan persamaan berikut:

$$\psi_t(i) = \arg \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}] \quad (3)$$

dengan $2 \leq i \leq T, 1 \leq j \leq N$.

3. Terminasi

Pada tahap ini diperoleh nilai maksimal dari rangkaian terbaik pada saat t dalam keadaan i yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya dengan persamaan berikut:

$$P^* = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)]. \quad (4)$$

Selanjutnya diperoleh *state* terbaik dengan $\arg \max$ seperti pada persamaan berikut:

$$X_t^* = \arg \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)] \quad (5)$$

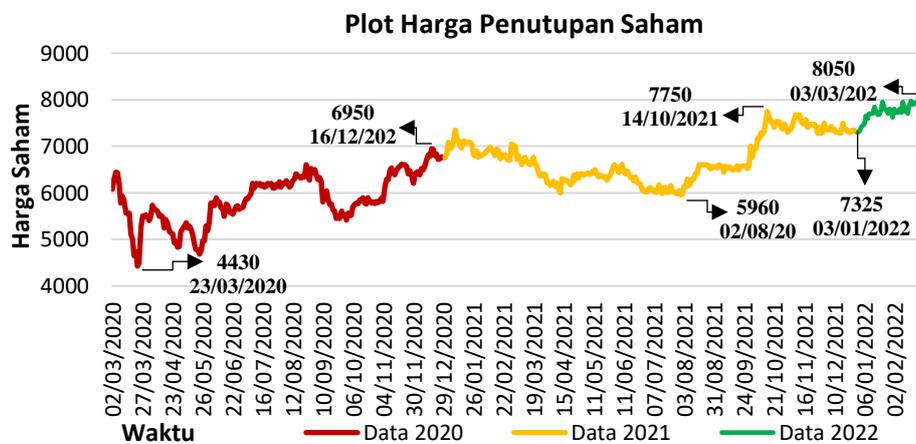
4. Backtracking

Pada tahap ini selanjutnya diperoleh barisan *Hidden State* dengan persamaan sebagai berikut:

$$x_t^* = \psi_{t+1}(X_{t+1}^*) \text{ dengan } t = T - 1, T - 2, \dots, 1 \quad (6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada studi kasus ini terdiri dari dua langkah. Langkah pertama adalah mencari model ARIMA terbaik, kemudian dengan model ARIMA tersebut diperoleh hasil prediksi harga saham penutupan. Selanjutnya langkah kedua adalah pengaplikasian algoritma *Viterbi* dari hasil prediksi harga penutupan saham yang menghasilkan *observed state* terbaik atau optimal. Data yang digunakan merupakan data harga penutupan saham PT Bank Central Asia, Tbk. Sumber data penelitian diperoleh secara tidak langsung melalui media perantara (diperoleh dan dicatat oleh pihak lain). Data sekunder selama periode 02 Maret 2020 sampai dengan 02 Maret 2022 diambil secara *online* disitus <http://finance.yahoo.com>. Berdasarkan 488 jumlah data harga penutupan (*close*) saham PT Bank Central Asia, Tbk, harga saham minimum dengan harga 4430 terjadi pada 23 Maret 2020. Harga saham maksimum dengan harga 8050 terjadi pada 23 dan 25 Maret 2022 serta 01 April 2022. Hasil dari rata-rata adalah 6497 artinya sepanjang waktu dari 2 Maret 2020 sampai dengan 2 Maret 2022 harga saham berada pada kisaran rata-rata. Data harga penutupan digambarkan pada grafik pada Gambar 1.



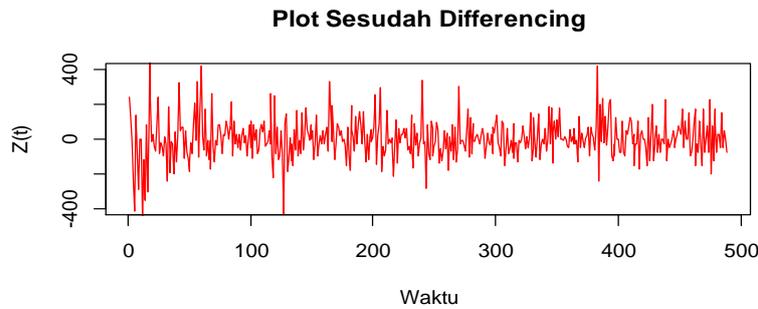
Gambar 1. Plot Data Harga Penutupan PT Bank Central Asia, Tbk

3.1 Prediksi Harga Saham dengan Metode ARIMA

Sebelum dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode ARIMA, terlebih dahulu dilakukan serangkaian uji seperti pemeriksaan kestasioneran data, identifikasi ordo, estimasi parameter model ARIMA, uji diagnostik dan prediksi dengan model terbaik. Secara singkat terlihat pada Tabel 1 berikut ini:

1. Pemeriksaan Kestasioneran Data

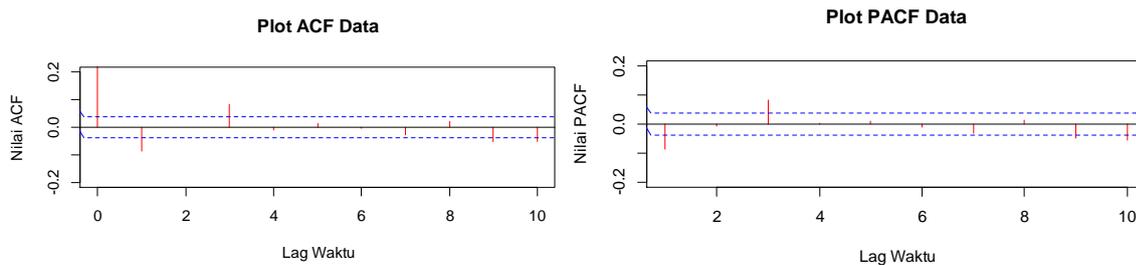
Berdasarkan Gambar 1 diasumsikan bahwa data sudah stasioner dalam varians, kemudian dalam rata-rata terlihat bahwa data tidak berfluktuasi di sekitar rata-rata. Sehingga data harga saham penutupan (*close*) tersebut harus dilakukan *differencing* terlebih dahulu agar diperoleh hasil yang lebih baik dan stasioner. Hasil proses *differencing* ini dapat digambarkan dalam bentuk plot seperti Gambar 2.



Gambar 2. Plot Sesudah *Differencing*.

2. Identifikasi Ordo

Selanjutnya dilakukan identifikasi ordo berdasarkan data yang sudah stasioner. Gambar 3 adalah plot ACF dan PACF dari data harga penutupan saham setelah *differencing*.



Gambar 3. Plot ACF Data dan Plot PACF Data.

3. Estimasi parameter model ARIMA dan uji diagnostik

Berdasarkan estimasi parameter dan identifikasi ordo, terdapat beberapa model ARIMA yaitu ARIMA(1,1,0), ARIMA(0,1,1), ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,1,3), ARIMA(3,1,0), ARIMA(3,1,1) dan ARIMA(3,1,3). Secara singkat, hasil uji diagnostik beberapa model terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Estimasi Parameter Model ARIMA dan Uji Diagnostik

c	Parameter	Plot Uji Diagnostik		AIC	MAPE	RMSE
		ACF Residual	Normalitas			
ARIMA (1,1,0)	ϕ_1 (-0,0852)			6,0256	1,3057	117,0234
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
ARIMA (3,1,3)	ϕ_1 (-0,8226) θ_2 (1,0494) θ_3 (-0,0654) ϕ_1 (0,7290) ϕ_2 (-0,9445) ϕ_3 (-0,0159)			6,0293	1,2933	115,357

4. Hasil prediksi

Setelah dilakukan serangkaian uji tersebut maka diperoleh model ARIMA yang memiliki nilai MAPE dan RMSE terkecil, yaitu model ARIMA (3,1,3). Sehingga diperoleh model terbaik sebagai berikut:

$$Y_t = Y_{t-1} + \phi_1 Y_{t-1} - \phi_1 Y_{t-2} + \phi_2 Y_{t-2} - \phi_2 Y_{t-3} + \phi_3 Y_{t-3} - \phi_3 Y_{t-4} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \theta_3 e_{t-3}$$

Berdasarkan estimasi parameter *maximum likelihood* maka diperoleh:

$$Y_t = Y_{t-1} + 0,7290Y_{t-1} - 0,7290Y_{t-2} - 0,9445Y_{t-2} + 0,9445Y_{t-3} - 0,0159Y_{t-3} + 0,0159Y_{t-4} + 1,8226e_{t-1} - 1,0494e_{t-2} + 0,0654e_{t-3}$$

Hasil prediksi yang digunakan sebagai *observed state* dapat dilihat pada Tabel 2.

3.2 Algoritma Viterbi

Langkah utama kedua yang dilakukan adalah mencari *observed state* optimal menggunakan algoritma *Viterbi*. Terdapat 15 data hasil prediksi yang nantinya digunakan sebagai *observed state*. Namun sebelumnya terdapat beberapa langkah yang dikerjakan hingga sampai pada langkah untuk menentukan *observed state* optimal. Langkah tersebut adalah sebagai berikut:

1) Klasifikasi data harga saham

Pada penelitian ini, data diklasifikasi menjadi dua yaitu data perubahan harga saham, dan data pergerakan *trend* pasar saham PT Bank Central Asia, Tbk.

1. Perubahan Harga Saham

Berdasarkan kategori perubahan harga saham diperoleh hasil penentuan perubahan harga saham untuk periode Y_1 sampai dengan Y_{T+h} . Hasil dari perubahan harga saham dijadikan sebagai barisan *observed state* (O). Pada penelitian ini digunakan istilah 1 (perubahan harga saham **naik**), 2 (perubahan harga saham **turun**) dan 3 (perubahan harga saham **tetap**), yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Barisan Observed State yang Diberikan

t	Y_t	$Y_t - Y_{t-1}$	O
1	6.080		
2	6.440	240	1
⋮	⋮	⋮	⋮
3	7.975	-75	2
4	7.948	-27	2
⋮	⋮	⋮	⋮
488 + 14	7.995	14	1
488 + 15	7.984	-11	2

Barisan *observed state* dapat ditulis sebagai berikut:

$$O = \{2, 1, 1, 2, 2, 2, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 1, 1, 2\}.$$

2. Pergerakan *trend* pasar saham

Dengan menghitung rata-rata dari harga *high* (H), harga *low* (L), harga *open* (O) dan harga *close* (C) maka diperoleh nilai *pivot point* (P) yang kemudian dilanjutkan dengan mencari nilai *Resistance level* (R) dan *Support Level* (S). Setelah diperoleh hasil *pivot point* maka selanjutnya adalah menentukan pergerakan *trend* pasar saham dengan membandingkan nilai C dan P diperoleh hasil dari penentuan pergerakan *trend* pasar saham. Hasil nilai *pivot point* (P) dan hasil nilai *Resistance level*(R) dan *Support Level* (S) disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Perhitungan *Pivot Point* (P), *Resistance Level* (R), *Support Level* (S) serta Pergerakan *Trend* Pasar Saham

Y_t	O	H	L	C	P	R	S	O	Pergerakan <i>Trend</i> saham
1	6290	6290	6035	6080	6174	6313	6058		<i>bearish</i>
2	6200	6350	6200	6320	6268	6335	6185	1	<i>bullish</i>
3	6315	6500	6260	6440	6379	6498	6258	1	<i>bullish</i>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
488	8225	8225	7975	7975	8100	8225	7958	2	<i>bearish</i>
488 + 1	8218	8215	7965	7984	8087	8208	7953	2	<i>bearish</i>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
488 + 13	8229	8223	7968	7981	8100	8233	7978	1	<i>bearish</i>
488 + 14	8228	8227	7968	7995	8105	8241	7982	1	<i>bearish</i>
488 + 15	8229	8232	7968	7984	8103	8239	7975	2	<i>bearish</i>

3.3 Estimasi Parameter HMM

Ada lima parameter HMM yang perlu dicari, yaitu:

1. N yaitu banyaknya *Hidden State* yang meliputi pergerakan *trend* pasar saham. Pergerakan *trend* saham terdiri dari tiga macam, yaitu: *bullish*, *bearish*, dan *sideways*. Himpunan terbatas untuk *state* yang mungkin adalah $Q = \{q_1, q_2, q_3\} = \{\textit{bullish}, \textit{bearish}, \textit{sideway}\}$, sehingga $N = 3$.
2. M , yaitu banyaknya *observed state* yang meliputi perubahan harga saham. Perubahan harga saham terdiri dari tiga macam, yaitu: naik, turun, dan tetap. Himpunan terbatas untuk observasi yang mungkin adalah $V = \{v_1, v_2, v_3\} = \{\textit{naik}, \textit{turun}, \textit{tetap}\}$, sehingga $M = 3$.
3. Probabilitas transisi yaitu $A = \{a_{ij} = P(X_{t+1} = q_j | X_t = q_i)\}$ untuk setiap $1 \leq i \leq 1$ dan $1 \leq j \leq N$. Dengan kata lain, A diperoleh dengan memperhatikan perpindahan *Hidden State* pada data harga saham selama periode 02 Maret 2020 sampai dengan 02 Maret 202. Perpindahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Perpindahan Antar *Hidden State*

q_i	q_j			Total
	<i>Bullish</i>	<i>Bearish</i>	<i>Sideways</i>	
<i>bullish</i>	111	111	8	230
<i>bearish</i>	112	142	5	259
<i>sideways</i>	6	6	1	13
Total	229	259	14	502

4. Probabilitas observasi yaitu $B = b_i(v_k) = P(O_t = v_k | X_t = q_i)$ untuk setiap $1 \leq i \leq N$ dan $1 \leq k \leq M$. Dengan kata lain, B diperoleh dengan memperhatikan perubahan harga

yang terjadi (*observed state*) pada data harga saham selama periode 02 Maret 2020 sampai dengan 02 Maret 2022. Adapun perpindahan *observed state* tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Perpindahan Antar *Observed State* & *Hidden State*

q_i	q_j			Total
	<i>naik</i>	<i>turun</i>	<i>tetap</i>	
<i>bullish</i>	179	41	13	233
<i>bearish</i>	45	196	15	256
<i>sideways</i>	4	6	3	13
Total	228	243	31	502

5. Distribusi keadaan awal yaitu $\pi = \{\pi_i\}, \pi_i = P(X_0 = q_i)$ untuk setiap $1 \leq i \leq N$ dan $1 \leq \pi_i \leq 1$. Jumlah distribusi keadaan awal dapat dilihat dengan memperhatikan jumlah *Hidden State* yang ada pada data harga saham selama periode 02 Maret 2020 (y_1) sampai dengan 23 Maret 2022 (Y_{488+15}). Data tersebut disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Jumlah *Observed State* dan *Hidden State*

Observed State	Total (Persentase %)	Hidden State	Total (Persentase %)
Naik	227(0,4512%)	Bullish	230(0,4573%)
Turun	245(0,4870%)	Bearish	260(0,5169%)
Tetap	30(0,0596%)	<i>Sideways</i>	13(0,0258%)

3.4 Penentuan Barisan *Hidden State* dengan Algoritma Viterbi

Dengan menggunakan algoritma Viterbi diproses penentuan barisan *hidden state* dengan empat tahapan. Tahapan pertama yaitu inisialisasi untuk $h = 1, O_1 = 2$ (*turun*). Dengan menggunakan Persamaan (1) diperoleh hasil $\delta_1(1) = 0,08037711, \delta_1(2) = 0,39575050, \delta_1(3) = 0,00151435$ dengan $\psi_1(1) = \psi_2(2) = \psi_3(3) = 0$. Selanjutnya, tahapan kedua adalah rekursif. Menggunakan Persamaan (2) dan Persamaan (3) diperoleh hasil untuk $2 > h > 15$ dan $O_2 = 1$ (*naik*) sampai dengan $O_{15} = 1$ (*naik*) adalah terlihat pada Tabel 6. Kemudian tahapan berikutnya adalah terminasi. Menggunakan Persamaan (4) dan Persamaan (5) diperoleh hasil untuk $h = 1, 2, 3, \dots, 15$ yang disajikan pada Tabel 6. Tahapan terakhir adalah *Backtracking*. Dengan Persamaan (6) diperoleh hasil untuk $h = T - 1, T - 2, \dots, 1$ yaitu $h = 15, 14, 13, \dots, 1$ (Tabel 7).

Tabel 7 Penentuan Barisan *Hidden State* dengan Algoritma Viterbi

T	$\delta_h(i)$	$\psi_h(i)$	$Max(\delta_h(i))$	$Max(\psi_h(i))$	State
$t = 1$ $O_1 = 2$	0,08037711	0,00000000	0,39575050	0,00000000	<i>bearish</i>
	0,39575050	0,00000000			
	0,00151435	0,00000000			
$t = 2$ $O_2 = 1$	0,14672824	0,19099263	0,14672824	0,21697518	<i>bullish</i>
	0,03814017	0,21697518			
	0,05620125	0,18265408			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$t = 14$ $O_{14} = 1$	0,00000079	0,00000103	0,00000079	0,00000103	<i>bearish</i>
	0,00000016	0,00000093			
	0,00000030	0,00000099			
$t = 15$ $O_{15} = 2$	0,00000006	0,00000038	0,00000026	0,00000038	<i>bearish</i>
	0,00000026	0,00000034			
	0,00000017	0,00000036			

Tabel 7 menunjukkan bahwa barisan *Hidden State* yang optimal diperoleh dengan menggunakan algoritma *viterbi* adalah:

$$X = \{bearish, bullish, bearish, bullish, bearish, bullish, bearish, bearish, bullish, bullish, bearish, bearish, bullish, bearish, bearish\}.$$

Berdasarkan penelitian oleh Putri & Mesrawati (2019) tentang pengaruh analisis teknikal terhadap *trend* pergerakan harga saham perusahaan subsektor hotel dan restoran dijelaskan bahwa analisis teknikal membantu investor dalam pengambilan keputusan untuk berinvestasi. Hal ini dapat digunakan oleh investor untuk membekali diri agar tidak salah dalam mengambil keputusan tentang menjual, membeli atau memegang saham. Faktor dari peningkatan volume perdagangan saham akan meningkatkan permintaan dan penawaran saham. Peningkatan volume perdagangan akan meningkatkan jumlah permintaan dan penawaran pada suatu saham yang dan menentukan *trend* pergerakan harga saham meningkat atau menurun. Sehingga ketika terjadinya peningkatan permintaan kemungkinan harga saham juga akan meningkat maka akan terjadi *trend bullish* dengan begitu investor dapat mengambil keputusan untuk menjual saham, sebaliknya juga begitu (Putri & Mesrawati, 2019)

Sehingga waktu yang tepat suatu investor mengambil keputusan untuk menjual saham adalah ketika harga saham dalam keadaan naik dan *trend* pasar saham dalam posisi *bullish*, selanjutnya waktu yang tepat bagi seorang investor mengambil keputusan untuk membeli saham adalah ketika harga saham dalam keadaan turun dan *trend* pasar saham dalam posisi *bearish*. Berikut diberikan tabel keputusan pada Tabel 8. Terlihat dua warna yang ditunjukkan pada Tabel 8, warna hijau menandakan harga saham mengalami kenaikan dan *trend* pasar saham cenderung naik (*bullish*) sehingga waktu yang tepat seorang investor untuk menjual saham dan warna merah menandakan harga saham mengalami penurunan dan *trend* pasar saham cenderung turun (*bearish*) sehingga waktu yang tepat seorang investor membeli saham.

Tabel 8 Barisan Observed State dan Hidden State

Tanggal	Observed State	Hidden State
04/03/2022	Turun	<i>bearish</i>
07/03/2022	Naik	<i>bullish</i>
08/03/2022	Naik	<i>bearish</i>
09/03/2022	Turun	<i>bullish</i>
⋮	⋮	⋮
21/03/2022	Turun	<i>bearish</i>
22/03/2022	Naik	<i>bullish</i>
23/03/2022	Naik	<i>Bearish</i>
24/03/2022	Turun	<i>bearish</i>

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa:

1. Algoritma *Viterbi* digunakan untuk menentukan barisan *Hidden State* yang paling optimal dari suatu barisan *observed state*. Terdapat empat tahapan dalam penyelesaian algoritma *Viterbi*, yaitu: tahap yang pertama adalah *Inisialisasi*, tahapan kedua *Rekursif*, tahap ketiga

adalah *Terminasi*, dan terakhir adalah *Backtracking*. Dengan hasil akhir adalah nilai yang paling optimal yang diperoleh.

2. Dari hasil perhitungan menggunakan algoritma Viterbi, barisan *Hidden State* selama 15 hari pengamatan diperoleh dari hasil prediksi menggunakan metode ARIMA, sehingga waktu yang tepat suatu investor mengambil keputusan untuk menjual saham adalah ketika harga saham dalam keadaan naik dan terena pasar saham dalam posisi *bullish* yaitu di tanggal 7, 11, 16, 17, dan 22 Maret 2021. Sedangkan waktu yang tepat seorang investor membeli saham adalah ketika harga saham dalam keadaan turun dan *trend* pasar saham dalam posisi *bearish* yaitu di tanggal 4, 10, 15, 21 dan 24 Maret 2022.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bravely, I. (2023). Analisis pergerakan harga saham setelah layanan terhenti (Studi kasus PT Bank Syariah Indonesia Tbk.). *Jurnal Mirai Management*, 8(1), 231–236.
- Hartati, H. (2017). Penggunaan metode arima dalam meramal pergerakan inflasi. *Jurnal Matematika Sains dan Teknologi*, 18(1), 1–10.
- Mamonto, S., Langi, Y., & Rindengan, A. (2016). Penerapan hidden Markov model pada harga saham. *D’CARTESIAN: Jurnal Matematika dan Aplikasi*, 5(1), 35–41.
- Pratiwi, R. S., & Utomo, D. B. (2017). Prediksi indeks saham syariah Indonesia menggunakan model hidden Markov. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2), A24–A29.
- Purnama, J., & Juliana, A. (2020). Analisa prediksi indeks harga saham gabungan menggunakan metode arima. *Cakrawala Management Business Journal*, 2(2), 454–468.
- Putri, A. P., & Mesrawati, M. (2019). Pengaruh analisis teknikal terhadap trend pergerakan harga saham perusahaan subsektor hotel dan restoran. *Jurnal Ekonomi dan Keuangan*, 3(3), 324–343.
- Rachpriliani, A. (2019). Pengaruh pengumuman right issue terhadap harga saham (Studi kasus pada sembilan perusahaan aneka industri yang tercatat di Bursa Efek Jakarta, Tahun 2016-2018). *Jurnal Buana Akuntansi*, 4(1), 59–76.
- Sulaiman, R. H., Suarjaya, I. M. A. D., & Cahyawan, A. A. K. A. (2020). Optimalisasi formula default pada amibroker untuk analisis teknikal pada pasar saham. *Jurnal Ilmiah Merpati*, 8(3), 177-187.
- Yulia, R., & Devianto, D. (2018). Penerapan hidden Markov model pada peramalan peluang perpindahan jumlah pengguna merk sim card di kalangan mahasiswa S1 Universitas Andalas. *Jurnal Matematika UNAND*, 7(2), 157–164.
- Yuliyanti, R., & Arliani, E. (2022). Peramalan jumlah penduduk menggunakan model arima. *Jurnal Kajian dan Terapan Matematika*, 8(2), 114–128.