

Regime Pasar Dan Volatilitas Saham PT Aneka Tambang Tbk Menggunakan Hidden Markov Model Dan GARCH

Riski Melanton Banjarnahor¹, Wenny Susanty Nainggolan², Seila Amalia³, Arnis Wulan Andari Surbakti⁴, Ferdianto Abangan Simanjuntak⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Statistika, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

Article Info

Article history:

Received: January 19, 2026

Revised: March 27, 2026

Accepted: May 15, 2026

Keywords:

ANTM,
GARCH,
Hidden Markov Model,
Regime Pasar,
Volatilitas Saham.

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis regime pasar dan volatilitas saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) menggunakan Hidden Markov Model (HMM) dan Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH). Data yang digunakan berupa harga penutupan harian periode 2021–2026 yang diperoleh dari Yahoo Finance dan ditransformasikan menjadi log return. Hasil analisis menunjukkan bahwa data return bersifat stasioner dan memiliki efek ARCH yang mengindikasikan adanya volatility clustering. Model GARCH(1,1) mampu menangkap dinamika volatilitas dengan baik, ditunjukkan oleh parameter yang signifikan serta sifat volatilitas yang persisten. Selanjutnya, model HMM mengidentifikasi dua regime pasar, yaitu volatilitas rendah dan volatilitas tinggi, di mana regime volatilitas tinggi mencerminkan tingkat risiko yang lebih besar dibandingkan regime volatilitas rendah. Probabilitas transisi menunjukkan bahwa masing-masing regime memiliki tingkat persistensi yang tinggi, sehingga kondisi pasar cenderung bertahan sebelum berpindah ke kondisi lain. Analisis gabungan HMM dan GARCH menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara regime pasar dan tingkat volatilitas saham, di mana peningkatan volatilitas berkaitan dengan meningkatnya risiko pasar.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Riski Melanton Banjarnahor

Program Studi Statistika, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Medan

20221 Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, Indonesia

Email: riskimbn.4233260014@mhs.unimed.ac.id

1. INTRODUCTION

Pasar modal merupakan indikator penting dalam perekonomian modern karena mencerminkan kondisi ekonomi serta menjadi sarana investasi bagi masyarakat. Saham sebagai instrumen investasi memberikan peluang return sekaligus mengandung risiko yang perlu dikelola dengan baik, terutama melalui analisis volatilitas return saham yang menjadi dasar dalam pengambilan keputusan investasi [1]. Pergerakan harga saham bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kondisi makroekonomi, informasi pasar, serta sentimen global. Dalam konteks ini, karakteristik utama dari data return saham adalah adanya volatilitas yang tidak konstan sepanjang waktu (*time-varying volatility*), yang mencerminkan perubahan tingkat risiko secara dinamis. Salah satu fenomena utama dalam data keuangan adalah *volatility clustering*, yaitu kondisi di mana periode volatilitas tinggi cenderung diikuti oleh periode volatilitas tinggi lainnya, dan sebaliknya. Fenomena ini telah banyak dibuktikan dalam studi empiris sebagai karakteristik umum data keuangan yang menunjukkan adanya ketergantungan varians terhadap waktu [2]. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa fenomena ini masih menjadi karakteristik dominan di berbagai pasar saham global dan menjadi sumber risiko yang signifikan bagi investor [3]. Selain itu, volatilitas yang bersifat persisten dan tidak simetris juga menjadi tantangan dalam pemodelan risiko keuangan modern, terutama karena adanya pengaruh *shock* yang berbeda antara kondisi pasar baik dan buruk (*asymmetric effect*) [4]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH) banyak digunakan dalam literatur keuangan. Model ini dikembangkan sebagai penyempurnaan dari ARCH untuk menangkap varians yang berubah-ubah sepanjang waktu dan ketergantungan volatilitas pada periode sebelumnya [1]. Penelitian empiris terbaru menunjukkan bahwa model GARCH dan variannya mampu menangkap dinamika volatilitas, termasuk efek asimetri dan persistensi volatilitas pada berbagai instrumen keuangan [5]. Selain itu, model GARCH juga terbukti efektif dalam peramalan volatilitas dan pengukuran risiko, sehingga menjadi salah satu pendekatan utama dalam analisis deret waktu finansial [6]. Namun demikian, volatilitas bukan satu-satunya aspek penting dalam pergerakan pasar saham. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa pasar keuangan juga mengalami perubahan kondisi atau *regime*, seperti periode stabil (*low volatility*) dan tidak stabil (*high volatility*). Perubahan ini sering kali terjadi akibat *shock* ekonomi, krisis global, maupun perubahan sentimen investor, yang dapat memicu perubahan struktur volatilitas secara signifikan [4]. Dalam hal ini, model berbasis Markov Switching atau Hidden Markov Model (HMM) menjadi pendekatan yang efektif untuk mengidentifikasi perubahan *regime* yang tidak dapat diamati secara langsung.

Studi terkini menunjukkan bahwa kombinasi model *regime switching* dengan GARCH, seperti Markov Switching GARCH (MS-GARCH), mampu menangkap perubahan struktur volatilitas dan *regime* pasar secara lebih akurat. Model ini dapat mengidentifikasi adanya perbedaan signifikan antara kondisi volatilitas rendah dan tinggi serta dinamika transisi antar *regime* [7]. Dengan demikian, pendekatan ini memberikan pemahaman yang lebih komprehensif dibandingkan model volatilitas tunggal. Dalam konteks pasar modal Indonesia, saham sektor pertambangan merupakan salah satu sektor yang memiliki volatilitas tinggi karena sangat dipengaruhi oleh fluktuasi harga komoditas global. Saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) merupakan salah satu saham yang aktif diperdagangkan dan sensitif terhadap perubahan harga nikel dan emas di pasar internasional. Fluktuasi ini juga dipengaruhi oleh kondisi global seperti krisis ekonomi dan perubahan harga komoditas yang berdampak langsung terhadap kinerja saham sektor pertambangan [4]. Hal ini menyebabkan pergerakan harga saham ANTM cenderung mengalami volatilitas tinggi dan kemungkinan perubahan *regime* pasar.

Beberapa penelitian di Indonesia juga menunjukkan bahwa volatilitas pasar saham domestik memiliki karakteristik *clustering* dan persistensi *shock* yang signifikan, sehingga memerlukan pendekatan model yang adaptif seperti GARCH. Selain itu, data return saham di Indonesia terbukti memiliki sifat heteroskedastisitas dan volatilitas dinamis yang kuat, sehingga penting untuk dimodelkan secara khusus [1]. Oleh karena itu, penggunaan kombinasi Hidden Markov Model dan GARCH menjadi relevan untuk menganalisis dinamika volatilitas dan *regime* pasar secara simultan.

2. METHOD

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis *time series*. Pendekatan ini dipilih karena data yang digunakan berupa data runtun waktu harga saham yang diamati secara periodik dalam interval harian. Pendekatan kuantitatif banyak digunakan dalam penelitian pasar modal karena data yang dianalisis berbentuk numerik dan memungkinkan pengukuran yang objektif terhadap fenomena keuangan [8]. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dinamika kondisi pasar serta mengukur tingkat volatilitas saham dengan menggunakan pendekatan statistik modern, yaitu Hidden Markov Model (HMM) dan *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH). Pendekatan *time series* dalam keuangan mampu menangkap pola perubahan data, termasuk fenomena volatilitas *clustering* dan ketidakstabilan varians yang sering terjadi pada data saham [2] [9]

2.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa harga penutupan harian saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM). Data diperoleh dari platform penyedia data keuangan daring, yaitu Yahoo Finance, yang dikenal luas sebagai sumber data historis pasar modal. Penggunaan data historis saham sangat umum dalam penelitian keuangan karena mampu merepresentasikan kondisi pasar secara aktual [10]. Periode pengamatan dalam penelitian ini mencakup rentang waktu selama lima tahun, yaitu dari tahun 2021 hingga 2026, dengan frekuensi data harian. Pemilihan periode ini bertujuan untuk menangkap berbagai kondisi pasar, baik stabil maupun bergejolak, karena volatilitas saham sangat dipengaruhi oleh kondisi ekonomi global dan peristiwa eksternal [11]. Selain itu, penggunaan data time series jangka panjang penting untuk mengidentifikasi pola volatilitas dan risiko investasi secara lebih komprehensif [4].

2.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas:

1. Harga Saham, merupakan harga penutupan harian saham ANTM yang digunakan sebagai data dasar dalam analisis.
2. Return Saham, merupakan perubahan relatif harga saham antar periode yang digunakan untuk menggambarkan keuntungan atau kerugian investasi.
3. State Pasar (Regime), merupakan kondisi pasar yang tidak dapat diamati secara langsung.
4. Volatilitas Saham, merupakan ukuran risiko yang mencerminkan tingkat fluktuasi return saham, yang diestimasi menggunakan model GARCH.

Volatilitas merupakan indikator penting dalam analisis keuangan karena mencerminkan tingkat risiko dan ketidakpastian pasar yang dihadapi investor serta menjadi dasar dalam pengambilan keputusan investasi [12] [13].

2.3 Prosedur Penelitian

1. Data Preprocessing

Tahap awal penelitian dilakukan melalui proses data preprocessing untuk menyiapkan data sebelum dilakukan pemodelan. Tahapan ini meliputi pembersihan data, pengecekan missing value, serta penyusunan data berdasarkan urutan waktu. Preprocessing merupakan tahap penting dalam analisis data karena kualitas data sangat mempengaruhi hasil estimasi model dan akurasi analisis [14].

2. Transformasi Data menjadi Return

Setelah preprocessing, data harga saham ditransformasikan menjadi return saham karena return lebih mencerminkan perubahan relatif harga dan memiliki sifat statistik yang lebih stabil.

Return saham dihitung menggunakan log return sebagai berikut:

$$R_t = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$$

Penggunaan log return bertujuan untuk menstabilkan varians dan mengurangi efek tren, serta umum digunakan dalam analisis volatilitas karena mampu menangkap karakteristik data keuangan yang heteroskedastik [2].

3. Analisis Hidden Markov Model (HMM)

Setelah diperoleh data return, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi kondisi pasar menggunakan Hidden Markov Model (HMM). Model ini digunakan untuk mendeteksi regime pasar yang tidak dapat diamati secara langsung. Dalam penelitian ini digunakan dua state, yaitu kondisi pasar stabil dan tidak stabil. Model HMM mampu menangkap perubahan struktur data dan dinamika pasar yang bersifat tidak linier, sehingga sering digunakan dalam analisis regime switching pada data keuangan [13].

4. Analisis Volatilitas dengan GARCH

Untuk mengukur tingkat risiko saham, digunakan model GARCH (1,1). Model ini mampu menangkap fenomena heteroskedastisitas dan volatility clustering yang umum terjadi pada data return saham. Model GARCH dikembangkan dari ARCH oleh Engle dan disempurnakan oleh Bollerslev untuk mengatasi perubahan varians yang tidak konstan dalam data keuangan [4][12].

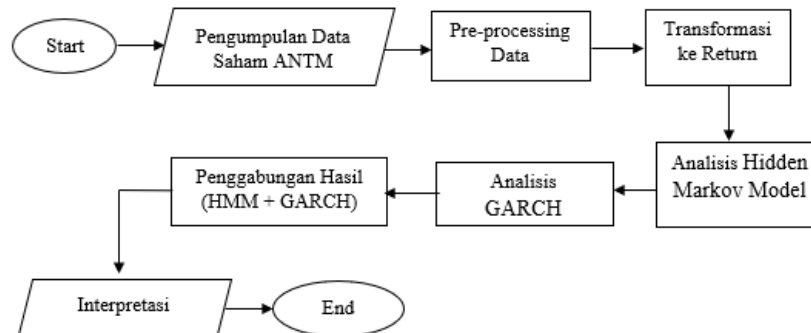
Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah GARCH (1,1), yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \epsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

Selain itu, GARCH (1,1) dikenal sebagai model standar dalam analisis volatilitas karena kemampuannya dalam memodelkan dinamika volatilitas jangka pendek secara efektif [15].

5. Analisis Gabungan HMM dan GARCH

Tahap akhir adalah mengintegrasikan hasil model HMM dan GARCH untuk menganalisis hubungan antara kondisi pasar dan volatilitas saham. Pendekatan kombinasi ini memungkinkan analisis yang lebih komprehensif karena mampu menggabungkan identifikasi regime pasar dengan pengukuran risiko volatilitas secara simultan. Model hybrid atau kombinasi terbukti memberikan hasil yang lebih akurat dalam memahami dinamika pasar dibandingkan model tunggal [15][9].



Gambar 1. Alur Penelitian

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Preprocessing Data

Dalam penelitian ini, tahap awal yang dilakukan adalah mengumpulkan dan menyiapkan data harga saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) sebagai objek analisis. Data yang digunakan berupa data harga saham harian yang mencakup informasi harga penutupan, pembukaan, harga tertinggi, harga terendah, volume perdagangan, serta persentase perubahan harga. Data ini masih dalam bentuk mentah (raw data) dan belum melalui proses pengolahan lebih lanjut seperti transformasi return. Untuk memberikan gambaran awal mengenai karakteristik data yang digunakan, berikut disajikan sebagian data harga saham ANTM sebelum dilakukan proses preprocessing.

Tabel 1. Data harga saham ANTM sebelum proses pengolahan

tanggal	terakhir	pembukaan	tertinggi	terendah	volume	perubahan (%)
06/04/2026	3.62	3.64	3.65	3.57	22,72M	-0,55%
02/04/2026	3.64	3.68	3.69	3.59	71,72M	-1,89%
01/04/2026	3.71	3.62	3.76	3.57	140,58M	6,00%
31/03/2026	3.50	3.54	3.62	3.43	99,83M	0,00%
30/03/2026	3.50	3.45	3.55	3.39	60,55M	0,00%

Berdasarkan Tabel 1, data awal yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data harga saham harian PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) yang diperoleh dari sumber data keuangan daring. Data tersebut mencakup informasi harga penutupan, pembukaan, harga tertinggi, harga terendah, volume perdagangan, serta persentase perubahan harga. Tabel 1 menyajikan lima tampilan awal (data awal) dari dataset yang digunakan dalam penelitian ini sebelum dilakukan proses pengolahan lebih lanjut, seperti transformasi data dan analisis time series.

3.2 Transformasi Data menjadi Return

Setelah dilakukan proses pembersihan data, langkah selanjutnya adalah mentransformasikan data harga saham menjadi return saham. Dalam penelitian ini, return dihitung menggunakan metode log return karena lebih mampu menggambarkan perubahan relatif harga dan menghasilkan data yang lebih stabil untuk analisis time series. Tabel berikut menyajikan lima tampilan awal data setelah dilakukan perhitungan log return.

Tabel 2. Data return saham ANTM menggunakan log return

No	Tanggal	Harga Penutupan	Log Return
1	07/04/2021	2.36	0.012793
2	08/04/2021	2.47	0.045557
3	09/04/2021	2.34	-0.054067
4	12/04/2021	2.25	-0.039221
5	13/04/2021	2.27	0.008850

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa nilai log return saham ANTM berfluktuasi di sekitar nol, yang menunjukkan adanya perubahan harga saham yang bersifat dinamis dari waktu ke waktu. Nilai return positif menunjukkan adanya kenaikan harga saham, seperti pada tanggal 08/04/2021 sebesar 0.045557, sedangkan nilai return negatif menunjukkan penurunan harga saham, seperti pada tanggal 09/04/2021 sebesar -0.054067. Selain itu, terlihat adanya perubahan nilai return yang cukup signifikan dalam periode yang berdekatan, yang mengindikasikan adanya volatilitas dalam pergerakan harga saham. Pola fluktuasi ini menjadi dasar penting dalam analisis lanjutan, khususnya dalam mengidentifikasi karakteristik volatilitas dan regime pasar menggunakan model HMM dan GARCH.

3.3 Uji Stasioneritas (ADF Test)

Sebelum dilakukan pemodelan lebih lanjut, data return saham perlu diuji terlebih dahulu tingkat kestasionerannya. Uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah Augmented Dickey-Fuller (ADF) test. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah data return saham ANTM bersifat stasioner atau tidak, karena kestasioneran merupakan salah satu syarat penting dalam analisis time series.

Tabel 3. Hasil uji stasioneritas data return saham ANTM menggunakan Augmented Dickey-Fuller (ADF) test

Statistik Uji	Nilai
<i>ADF Statistic</i>	-34.18160017270407
<i>p-value</i>	0.0

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh nilai Augmented Dickey-Fuller F Statistic sebesar -34.18160017270407 dan p-value sebesar 0.0. Nilai p-value yang lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05 menunjukkan bahwa hipotesis nol ditolak. Dengan demikian, data return saham ANTM dapat dinyatakan stasioner. Hasil ini menunjukkan bahwa rata-rata dan varians data return relatif stabil dari waktu ke waktu, sehingga data telah memenuhi salah satu asumsi penting dalam analisis deret waktu. Oleh karena itu, data return saham ANTM layak digunakan untuk analisis lanjutan menggunakan model Hidden Markov Model (HMM) dan GARCH.

3.4 Uji ARCH Effect

Setelah data return dinyatakan stasioner, langkah berikutnya adalah menguji apakah data tersebut memiliki efek ARCH. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui adanya gejala heteroskedastisitas atau volatility clustering pada data return saham ANTM. Keberadaan efek ARCH menjadi dasar penting dalam penggunaan model GARCH untuk analisis volatilitas.

Tabel 4. Hasil uji ARCH effect pada data return saham ANTM.

Statistik Uji	Nilai
<i>LM Statistic</i>	67.29148133727708
<i>p-value</i>	1.473940462037036e-10

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh nilai LM Statistic sebesar 67.29148133727708 dan p-value sebesar $1.473940462037036 \times 10^{-10}$. Nilai p-value yang jauh lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05 menunjukkan bahwa hipotesis nol ditolak. Dengan demikian, data return saham ANTM terbukti memiliki efek ARCH. Hasil ini menunjukkan adanya volatility clustering, yaitu kondisi ketika periode volatilitas tinggi cenderung diikuti oleh periode volatilitas tinggi, dan periode volatilitas rendah cenderung diikuti oleh periode volatilitas rendah.

Temuan ini mengindikasikan bahwa varians data return tidak konstan dari waktu ke waktu, sehingga model GARCH relevan dan layak digunakan untuk menganalisis volatilitas saham ANTM secara lebih lanjut.

3.5 Penentuan Jumlah Regime (HMM Selection)

Setelah data return dinyatakan stasioner dan memiliki efek ARCH, langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah state terbaik pada model Hidden Markov Model (HMM). Pemilihan jumlah state dilakukan dengan membandingkan nilai Akaike Information Criterion (AIC) dan Bayesian Information Criterion (BIC). Model dengan nilai AIC dan BIC yang lebih kecil dianggap lebih baik dalam merepresentasikan data.

Tabel 4.4 Hasil pemilihan jumlah state terbaik pada model Hidden Markov Model (HMM)

No	Jumlah State	AIC	BIC
1	2	-5400.21	-5359.50
2	3	-5407.41	-5331.07
3	4	-5396.50	-5274.36

Berdasarkan Tabel 5, terlihat bahwa model dengan 2 state memiliki nilai BIC terkecil, yaitu -5359.50, dibandingkan model dengan 3 state dan 4 state. Meskipun model 3 state memiliki nilai AIC yang sedikit lebih kecil, dalam penelitian ini pemilihan model lebih diprioritaskan pada nilai BIC karena kriteria ini memberikan penalti yang lebih besar terhadap kompleksitas model. Dengan demikian, jumlah state terbaik yang dipilih dalam penelitian ini adalah 2 state. Hal ini menunjukkan bahwa pergerakan return saham ANTM dapat direpresentasikan secara optimal ke dalam dua kondisi pasar, yang selanjutnya dapat diinterpretasikan sebagai regime volatilitas rendah dan regime volatilitas tinggi.

3.6 Analisis Regime Pasar (HMM)

Setelah diperoleh jumlah state terbaik, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis regime pasar menggunakan Hidden Markov Model (HMM). Model ini digunakan untuk mengidentifikasi kondisi pasar yang bersifat tersembunyi (hidden state) berdasarkan pola pergerakan return saham ANTM. Dalam penelitian ini, HMM memungkinkan data return dikelompokkan ke dalam beberapa kondisi pasar yang memiliki karakteristik berbeda, khususnya dari sisi tingkat volatilitas. Melalui analisis ini, dapat diketahui karakteristik masing-masing state serta peluang perpindahan dari satu state ke state lainnya. Dengan demikian, penggunaan HMM memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai dinamika perubahan kondisi pasar saham ANTM selama periode pengamatan.

3.6.1 Klasifikasi Regime

Setelah jumlah state terbaik ditentukan, tahap berikutnya adalah mengidentifikasi karakteristik masing-masing state yang terbentuk pada model Hidden Markov Model (HMM). Penentuan karakteristik regime pasar dilakukan dengan melihat nilai standar deviasi return pada setiap state. Nilai standar deviasi tersebut digunakan untuk membedakan state dengan tingkat volatilitas rendah dan state dengan tingkat volatilitas tinggi. Melalui pengelompokan ini, masing-masing state dapat diinterpretasikan sebagai kondisi pasar yang berbeda. Dengan demikian, analisis ini membantu menjelaskan bagaimana pola pergerakan return saham ANTM terbagi ke dalam regime pasar tertentu selama periode pengamatan.

Tabel 5. Standar deviasi return pada setiap state hasil pemodelan Hidden Markov Model (HMM).

State	Standar Deviasi Return
0	0.018736
1	0.037889

Berdasarkan Tabel 6, terlihat bahwa State 0 memiliki standar deviasi return sebesar 0.018736, sedangkan State 1 memiliki standar deviasi return sebesar 0.037889. Nilai standar deviasi pada State 0 lebih kecil dibandingkan State 1, sehingga State 0 dapat diidentifikasi sebagai regime volatilitas rendah (low volatility). Sebaliknya, State 1 memiliki nilai standar deviasi yang lebih besar, sehingga dapat diidentifikasi sebagai regime volatilitas tinggi (high volatility).

Hasil ini menunjukkan bahwa pergerakan return saham ANTM dapat dibedakan ke dalam dua kondisi pasar yang memiliki tingkat risiko berbeda. Regime volatilitas rendah menggambarkan kondisi pasar yang relatif lebih stabil, sedangkan regime volatilitas tinggi menunjukkan kondisi pasar yang lebih bergejolak. Dengan demikian, model HMM berhasil mengelompokkan data return saham ANTM ke dalam dua karakteristik pasar yang berbeda secara jelas. Setelah regime pasar berhasil diidentifikasi menggunakan Hidden Markov Model (HMM), langkah berikutnya adalah membandingkan tingkat volatilitas pada masing-masing regime. Perbandingan ini dilakukan untuk melihat apakah kondisi pasar yang berbeda juga menunjukkan tingkat volatilitas yang berbeda. Nilai rata-rata volatilitas pada setiap regime diperoleh dari hasil estimasi model GARCH.

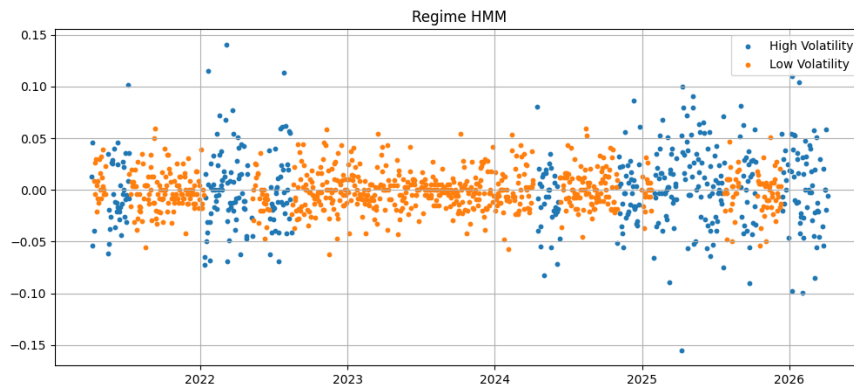
Tabel 6. Rata-rata volatilitas pada setiap regime pasar saham ANTM

Regime	Rata-rata Volatilitas
High Volatility	3.415675
Low Volatility	2.231007

Berdasarkan Tabel 7, terlihat bahwa regime High Volatility memiliki rata-rata volatilitas sebesar 3.415675, sedangkan regime Low Volatility memiliki rata-rata volatilitas sebesar 2.231007. Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi pasar yang diklasifikasikan sebagai high volatility действительно memiliki tingkat volatilitas yang lebih tinggi dibandingkan regime low volatility. Perbedaan nilai volatilitas tersebut mengindikasikan bahwa model Hidden Markov Model (HMM) dan GARCH mampu saling mendukung dalam menggambarkan dinamika pasar saham ANTM. Regime dengan volatilitas tinggi mencerminkan kondisi pasar yang lebih berisiko dan tidak stabil, sedangkan regime dengan volatilitas rendah menunjukkan kondisi pasar yang relatif lebih tenang dan stabil. Dengan demikian, terdapat hubungan yang jelas antara regime pasar dan tingkat volatilitas saham ANTM. Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa data return saham ANTM terbagi ke dalam dua regime, yaitu High Volatility dan Low Volatility. Titik-titik berwarna biru menunjukkan regime volatilitas tinggi, sedangkan titik-titik berwarna oranye menunjukkan regime volatilitas rendah. Secara umum, regime Low Volatility tampak lebih banyak terkonsentrasi di sekitar nilai nol, yang menunjukkan bahwa pada kondisi ini fluktuasi return relatif kecil dan pasar cenderung lebih stabil. Sebaliknya, regime High Volatility menunjukkan penyebaran return yang lebih lebar, baik ke arah positif maupun negatif, yang menandakan bahwa pada kondisi ini pasar mengalami fluktuasi yang lebih besar. Selain itu, pada beberapa periode tertentu terlihat bahwa regime volatilitas tinggi muncul lebih dominan, terutama ketika terjadi lonjakan return yang cukup ekstrem. Hal ini menunjukkan bahwa model HMM mampu mengidentifikasi perubahan kondisi pasar dari fase yang relatif stabil menuju fase yang lebih bergejolak. Dengan demikian, visualisasi ini memperkuat hasil sebelumnya bahwa pergerakan saham ANTM dapat dibedakan ke dalam dua kondisi pasar yang memiliki karakteristik volatilitas berbeda.

3.6.2 Visualisasi Regime

Setelah masing-masing state diklasifikasikan ke dalam regime volatilitas rendah dan volatilitas tinggi, langkah berikutnya adalah memvisualisasikan penyebaran return saham ANTM berdasarkan hasil klasifikasi Hidden Markov Model (HMM). Visualisasi ini bertujuan untuk menunjukkan perbedaan pola pergerakan return pada setiap regime pasar selama periode pengamatan.



Gambar 2. Visualisasi regime pasar saham ANTM berdasarkan hasil klasifikasi Hidden Markov Model (HMM)

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa data return saham ANTM terbagi ke dalam dua regime, yaitu High Volatility dan Low Volatility. Titik-titik berwarna biru menunjukkan regime volatilitas tinggi, sedangkan titik-titik berwarna oranye menunjukkan regime volatilitas rendah. Secara umum, regime Low Volatility tampak lebih banyak terkonsentrasi di sekitar nilai nol, yang menunjukkan bahwa pada kondisi ini fluktuasi return relatif kecil dan pasar cenderung lebih stabil. Sebaliknya, regime High Volatility menunjukkan penyebaran return yang lebih lebar, baik ke arah positif maupun negatif, yang menandakan bahwa pada kondisi ini pasar mengalami fluktuasi yang lebih besar. Selain itu, pada beberapa periode tertentu terlihat bahwa regime volatilitas tinggi muncul lebih dominan, terutama ketika terjadi lonjakan return yang cukup ekstrem. Hal ini menunjukkan bahwa model HMM mampu mengidentifikasi perubahan kondisi pasar dari fase yang relatif stabil menuju fase yang lebih bergejolak. Dengan demikian, visualisasi ini memperkuat hasil sebelumnya bahwa pergerakan saham ANTM dapat dibedakan ke dalam dua kondisi pasar yang memiliki karakteristik volatilitas berbeda.

3.6.3 Probabilitas Transisi

Selain mengidentifikasi karakteristik masing-masing regime, Hidden Markov Model (HMM) juga menghasilkan probabilitas transisi antar state. Probabilitas transisi ini menunjukkan kemungkinan suatu kondisi pasar tetap berada pada state yang sama atau berpindah ke state lain pada periode berikutnya. Dengan melihat matriks transisi, dapat dipahami tingkat kestabilan masing-masing regime pasar saham ANTM.

Tabel 7. Matriks probabilitas transisi antar state pada model Hidden Markov Model (HMM)

Dari State	Ke State 0	Ke State 1
State 0	0.97264732	0.02735268
State 1	0.04981707	0.95018293

Berdasarkan Tabel 8, terlihat bahwa probabilitas State 0 tetap berada pada State 0 sebesar 0.97264732, sedangkan probabilitas berpindah dari State 0 ke State 1 sebesar 0.02735268. Sementara itu, probabilitas State 1 tetap berada pada State 1 sebesar 0.95018293, dan probabilitas berpindah dari State 1 ke State 0 sebesar 0.04981707. Nilai probabilitas pada diagonal utama yang sangat tinggi menunjukkan bahwa kedua state memiliki tingkat persistensi yang kuat. Artinya, ketika pasar berada pada suatu regime tertentu, pasar cenderung bertahan dalam regime tersebut pada periode berikutnya daripada segera berpindah ke regime lain. Dalam konteks penelitian ini, State 0 yang diidentifikasi sebagai regime volatilitas rendah memiliki peluang yang sangat besar untuk tetap berada pada kondisi stabil. Demikian pula, State 1 sebagai regime volatilitas tinggi juga cenderung bertahan pada kondisi yang lebih bergejolak. Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan regime pasar saham ANTM tidak terjadi secara acak, melainkan memiliki pola transisi yang relatif stabil dari waktu ke waktu.

3.7 Analisis Volatilitas (GARCH 1,1)

Setelah diperoleh klasifikasi regime pasar menggunakan Hidden Markov Model (HMM), tahap berikutnya adalah menganalisis volatilitas return saham ANTM menggunakan model GARCH (1,1). Model ini digunakan untuk menangkap perubahan volatilitas yang bersifat tidak konstan dari waktu ke waktu. Hasil estimasi model GARCH memberikan informasi mengenai pengaruh shock masa lalu dan persistensi volatilitas pada data return saham ANTM.

Tabel 8. Hasil Estimasi Model GARCH (1,1)

Komponen	Parameter	Koefisien	Std. Error	t- Statistik	p-value	Keterangan
Mean Model	μ	-0.0353	0.06751	-0.522	0.601	Tidak signifikan
Volatility Model	ω (omega)	0.0743	0.04685	1.585	0.113	Tidak signifikan
Volatility Model	α_1 (alpha[1])	0.0679	0.01639	4.144	0.0000341	Signifikan
Volatility Model	β_1 (beta[1])	0.9257	0.01683	55.012	0.000	Signifikan

Berdasarkan Tabel 9, hasil estimasi model GARCH (1,1) menunjukkan bahwa parameter alpha[1] sebesar 0.0679 dan beta[1] sebesar 0.9257 signifikan secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa volatilitas saham ANTM dipengaruhi oleh shock pada periode sebelumnya serta volatilitas masa lalu. Nilai $\alpha[1] + \beta[1] = 0.9936$ yang mendekati 1 menunjukkan bahwa volatilitas saham ANTM bersifat persisten. Artinya, dampak guncangan pasar cenderung bertahan dalam beberapa periode. Dengan demikian, model GARCH (1,1) dapat digunakan untuk menggambarkan dinamika volatilitas saham ANTM.

Tabel 9. Informasi Model GARCH

Keterangan	Nilai
R-squared	0.000
Adjusted R-squared	0.000
Log-Likelihood	-2821.48
AIC	5650.96
BIC	5671.31
Number of Observations	1199
Df Residuals	1198
Df Model	1

Berdasarkan informasi model pada Tabel 10, variabel dependen yang digunakan dalam pemodelan adalah log return saham ANTM dengan model rata-rata Constant Mean dan model volatilitas GARCH. Asumsi distribusi yang digunakan adalah Normal, sedangkan metode estimasi parameter dilakukan dengan Maximum Likelihood. Jumlah observasi yang digunakan dalam pemodelan sebanyak 1199 data, sehingga model dibangun berdasarkan jumlah data yang cukup memadai. Nilai Log-Likelihood sebesar -2821.48, AIC sebesar 5650.96, dan BIC sebesar 5671.31 digunakan sebagai ukuran kecocokan model. Dalam konteks ini, nilai AIC dan BIC dapat digunakan untuk membandingkan model GARCH dengan model lain, di mana model dengan nilai AIC dan BIC yang lebih kecil umumnya lebih baik. Sementara itu, nilai R-squared dan Adjusted R-squared sebesar 0.000 menunjukkan bahwa ukuran tersebut tidak menjadi fokus utama dalam interpretasi model GARCH, karena model ini lebih menitikberatkan pada pemodelan varians atau volatilitas dibandingkan hubungan linear seperti pada regresi biasa.

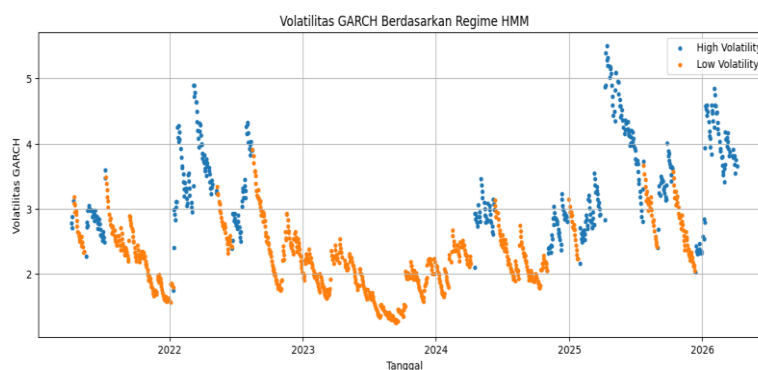
3.8 Analisis Hubungan Regime dan Volatilitas

Setelah dilakukan identifikasi regime pasar menggunakan Hidden Markov Model (HMM) dan estimasi volatilitas menggunakan model GARCH, tahap selanjutnya adalah merangkum hasil utama dari kedua analisis tersebut. Ringkasan ini bertujuan untuk menunjukkan jumlah data yang digunakan, klasifikasi state berdasarkan tingkat volatilitas, serta perbandingan rata-rata volatilitas pada masing-masing regime pasar.

Tabel 10. Ringkasan Hasil Analisis Regime dan Volatilitas

Keterangan	Hasil
Jumlah observasi	1199
State volatilitas rendah	0
State volatilitas tinggi	1
Rata-rata volatilitas regime rendah	2.2310
Rata-rata volatilitas regime tinggi	3.4157

Berdasarkan Tabel 11, jumlah observasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1199 data. Hasil klasifikasi Hidden Markov Model menunjukkan bahwa State 0 diidentifikasi sebagai regime volatilitas rendah, sedangkan State 1 diidentifikasi sebagai regime volatilitas tinggi. Selain itu, rata-rata volatilitas pada regime rendah sebesar 2.2310, sedangkan rata-rata volatilitas pada regime tinggi sebesar 3.4157. Hasil ini menunjukkan bahwa regime volatilitas tinggi memang memiliki tingkat volatilitas yang lebih besar dibandingkan regime volatilitas rendah. Untuk memperjelas hubungan antara regime pasar hasil klasifikasi Hidden Markov Model (HMM) dengan tingkat volatilitas yang diestimasi menggunakan GARCH, dilakukan visualisasi volatilitas berdasarkan masing-masing regime. Grafik ini digunakan untuk menunjukkan bagaimana tingkat volatilitas berbeda pada kondisi pasar dengan volatilitas rendah dan volatilitas tinggi.



Gambar 3. Volatilitas GARCH berdasarkan regime pasar hasil klasifikasi Hidden Markov Model (HMM)

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa volatilitas saham ANTM yang berada pada regime High Volatility cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan regime Low Volatility. Titik-titik berwarna biru menunjukkan kondisi pasar dengan volatilitas tinggi, sedangkan titik-titik berwarna oranye menunjukkan kondisi pasar dengan volatilitas rendah. Secara umum, regime Low Volatility menunjukkan nilai volatilitas yang lebih rendah dan relatif stabil, sedangkan regime High Volatility menunjukkan nilai volatilitas yang lebih besar serta fluktuasi yang lebih tajam. Pada beberapa periode, terutama mendekati akhir pengamatan, terlihat bahwa regime volatilitas tinggi muncul bersamaan dengan lonjakan volatilitas GARCH yang cukup besar. Hasil visualisasi ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa terdapat hubungan yang jelas antara regime pasar dan tingkat volatilitas saham ANTM. Ketika pasar berada pada regime volatilitas tinggi, tingkat risiko saham juga meningkat, sedangkan pada regime volatilitas rendah kondisi pasar cenderung lebih stabil.

4. CONCLUSION

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis regime pasar dan volatilitas saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) menggunakan Hidden Markov Model (HMM) dan GARCH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data return saham bersifat stasioner dan memiliki efek ARCH, yang mengindikasikan adanya fenomena volatility clustering serta volatilitas yang berubah dari waktu ke waktu. Model GARCH (1,1) mampu menangkap dinamika volatilitas dengan baik, ditunjukkan oleh parameter yang signifikan dan sifat volatilitas yang persisten, sehingga pengaruh shock masa lalu masih berdampak pada periode berikutnya. Selain itu, hasil analisis HMM mengidentifikasi dua regime pasar, yaitu regime volatilitas rendah dan volatilitas tinggi. Regime volatilitas tinggi menunjukkan tingkat risiko yang lebih besar dibandingkan regime volatilitas rendah. Probabilitas transisi menunjukkan bahwa masing-masing regime memiliki tingkat persistensi yang tinggi, sehingga kondisi pasar cenderung bertahan sebelum berpindah ke kondisi lainnya. Lebih lanjut, hasil integrasi HMM dan GARCH menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara regime pasar dan tingkat volatilitas saham, di mana regime volatilitas tinggi memiliki rata-rata volatilitas yang lebih besar. Secara keseluruhan, kombinasi kedua model ini efektif dalam menjelaskan dinamika volatilitas dan perubahan regime pasar saham ANTM. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan investasi berbasis risiko, serta penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model yang lebih kompleks atau menambahkan variabel eksternal untuk meningkatkan akurasi analisis.

ACKNOWLEDGMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Susiana, S.Si., M.Si. atas bimbingan selama penelitian ini.

FUNDING INFORMATION

Penelitian ini tidak menerima pendanaan dari pihak mana pun.

AUTHOR CONTRIBUTIONS STATEMENT

Name of Author	C	M	So	Va	Fo	I	R	D	O	E	Vi	Su	P	Fu
Riski Melanton Banjarnahor		✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
Wenny Susanty Nainggolan		✓			✓				✓	✓	✓	✓		
Seila Amalia	✓			✓		✓	✓			✓				
Arnis Wulan Andari Surbakti							✓	✓		✓				
Ferdyanto Abangan Simanjuntak							✓			✓		✓		

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan dalam penelitian ini.

DATA AVAILABILITY

Data yang mendukung hasil penelitian ini tersedia secara publik melalui platform Yahoo Finance.

REFERENCES

- [1] K. L. A. Nastiti and A. Suharsono, "Analisis Volatilitas Saham Perusahaan Go Public dengan Metode ARCH-GARCH," *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, 2012.
- [2] E. Rafulta, F. Yanuar, D. Devianto, and Maiyastri, "Pemodelan dan Peramalan Volatilitas Memori Panjang pada Return Saham ANTM Studi Komparatif Model GARCH dan FIGARCH," *Lattice Journal : Journal of Mathematics Education and Applied*, vol. 5, no. 1, pp. 75–89, Jun. 2025, doi: 10.30983/lattice.v5i1.9525.
- [3] S. T. Enow, "Exploring Volatility Clustering Financial Markets and Its Implication," 2023.
- [4] Y. Maulana, "Analisis Volatilitas Return Saham PT Antam (Persero) Tbk dan PT Adaro Energy Tbk Dengan Garch, Egarch Dan GJR," *Jurnal Akuntansi dan Pajak*, vol. 20, no. 2, Jan. 2020, doi: 10.29040/jap.v20i2.859.
- [5] T. M. Wanjuki, V. W. Lumumba, E. K. Kimtai, M. K. Mbaluka, and E. W. Njoroge, "Comparative Analysis of GARCH-Based Volatility Models of Financial Market Volatility: A Case of Nairobi Security Market PLC, Kenya," *European Journal of Mathematics and Statistics*, vol. 5, no. 4, pp. 1–18, Aug. 2024, doi: 10.24018/ejmath.2024.5.4.310.
- [6] Y. Dwi Darma and A. Utami, "Volatility Forecasting Using GARCH Versus EGARCH Models for Cryptocurrencies, Indonesian Stocks, and U.S. Stocks," *Integrated Journal of Business and Economics*, 2025, doi: 10.33019/ijbe.v9i1.1125.
- [7] N. A. Firdausanti, V. Forestryani, and H. M. Nuroini, "Deep Learning and Statistical Approaches for Forecasting the Indonesian Rupiah Exchange Rate," *Inferensi*, vol. 8, no. 2, p. 157, Jul. 2025, doi: 10.12962/j27213862.v8i2.22709.
- [8] J. Antika, A. Mugayat, and M. Sukartini, "ANALISIS VOLATILITAS SAHAM DENGAN METODE ARCH-GARCH PADA BANK RAKYAT INDONESIA TAHUN 2019-2022," *Jurnal Ilmu Ekonomi*, vol. 4, no. 1, Apr. 2025, doi: 10.59827/jie.v4i1.227.

- [9] D. Khalishah *et al.*, “Perbandingan Performa Arimax-Garch Dan Lstm Pada Data Harga Penutupan Saham PT. ANEKA TAMBANG TBK (ANTM.JK),” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, vol. 12, no. 3, pp. 695–704, 2025, [Online]. Available: <https://finance.yahoo.com>.
- [10] M. Jami’ul Umam, A. Jazuli, and T. Khotimah, “PREDIKSI HARGA SAHAM ANEKA TAMBANG PERSERO TBK (ANTM) MENGGUNAKAN METODE MACHINE LEARNING,” 2025.
- [11] A. Nurjanah, I. Zamzam, F. Ekonomi dan Bisnis, and U. Khairun, “Mengungkap Gejolak Pasar: Analisis Volatilitas Saham dan Volume Perdagangan LQ45 Sebelum dan Selama Pandemi Covid-19,” *Jurnal Ekonomi Bisnis, Manajemen dan Akuntansi (Jebma)*, 2024.
- [12] Amalia, “Analisis Volatilitas Saham Syariah di Bursa Efek Indonesia Menggunakan Model GARCH,” *Al-Amwal*, 2024, [Online]. Available: <http://al-amwal.staimasi.ac.id>
- [13] A. Afnanda, M. Maiyastri, and D. Devianto, “Model Volatilitas Return Index Saham Syariah Indonesia Melalui Pendekatan Bayesian Markov Switching GARCH,” *Lattice Journal : Journal of Mathematics Education and Applied*, vol. 4, no. 1, pp. 14–26, Jun. 2024, doi: 10.30983/lattice.v4i1.8381.
- [14] R. Al Ikhsan, W. J. Syaifullah S, K. Maulida Hindrayani, J. Timur, J. Raya Rungkut Madya, and G. Anyar, “Prediksi Volatilitas Saham KINO dan MRAT menggunakan Model BEKK-MGARCH,” *Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika dan Komputer*, 2025.
- [15] S. L. Kinanti and I. Rozana, “Perbandingan Performa Model GARCH, LSTM dan Hybrid untuk Prediksi Harga Saham Syariah JII,” *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, vol. 4, no. 3, pp. 7404–7411, Oct. 2025, doi: 10.31004/riggs.v4i3.3109.