



Analisis Volatilitas Return IHSG Periode 2020–2023 Menggunakan Model GARCH(1,1)

Fitriyani¹, Firdaus², Hernita³

¹⁻³Program Studi Sains Aktuaria, Universitas Muhammadiyah Kolaka Utara, Indonesia

*Penulis Korespondensi: fitriyani@umkota.ac.id

Abstract. This study aims to analyze the volatility of the Jakarta Composite Index (IHSG) daily returns during the period of January 2020 to December 2023 using the Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH)(1,1) model. The data consist of 970 daily closing prices of the IHSG obtained from the Yahoo Finance database. A quantitative descriptive approach was applied, with parameter estimation conducted through the Maximum Likelihood Estimation (MLE) method. The results show that all GARCH(1,1) parameters are statistically significant, with $\alpha + \beta = 0.9354$, indicating a high level of volatility persistence in the Indonesian stock market. Extreme volatility spikes occurred in early 2020 due to the COVID-19 pandemic, while the period of 2022–2023 exhibited a mean-reverting pattern indicating market stabilization. The GARCH(1,1) model proved effective in capturing short-term volatility dynamics and volatility clustering phenomena in the IHSG throughout the observation period.

Keywords: IHSG; volatility; stock return; GARCH(1,1) model.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis volatilitas return harian Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) pada periode Januari 2020 hingga Desember 2023 menggunakan model Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH)(1,1). Data yang digunakan berupa harga penutupan harian IHSG sebanyak 970 observasi yang diperoleh dari basis data *Yahoo Finance*. Pendekatan kuantitatif deskriptif diterapkan dengan metode Maximum Likelihood Estimation (MLE) untuk mengestimasi parameter model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh parameter GARCH(1,1) signifikan secara statistik dengan nilai $\alpha + \beta = 0,9354$, yang mengindikasikan adanya persistensi volatilitas yang tinggi pada pasar saham Indonesia. Lonjakan volatilitas ekstrem terjadi pada awal tahun 2020 akibat pandemi COVID-19, sementara periode 2022–2023 menunjukkan pola *mean-reverting* yang mengarah pada stabilitas pasar. Model GARCH(1,1) terbukti efektif dalam menggambarkan dinamika volatilitas jangka pendek dan fenomena *volatility clustering* pada pergerakan IHSG selama periode penelitian.

Kata kunci: IHSG; volatilitas; return saham; model GARCH(1,1).

1. LATAR BELAKANG

Pasar modal Indonesia mengalami dinamika yang signifikan sejak awal pandemi COVID-19 hingga masa pemulihan ekonomi. Perubahan kebijakan moneter global dan ketidakpastian ekonomi menyebabkan fluktuasi tajam pada Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). Salah satu indikator utama untuk memahami ketidakpastian tersebut adalah volatilitas return saham, yang mencerminkan besarnya perubahan harga saham dalam periode waktu tertentu.

Penelitian mengenai volatilitas pasar saham Indonesia banyak dilakukan dengan pendekatan Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH). Model GARCH(1,1) digunakan karena kemampuannya menangkap heteroskedastisitas

bersyarat dan *volatility clustering* (Dewi, Anggraeni, & Irawan, 2023). Dalam konteks pasar modal Indonesia, studi terbaru oleh Danila (2023) menunjukkan bahwa model GARCH-MIDAS efektif untuk mengidentifikasi pengaruh variabel makroekonomi terhadap volatilitas saham syariah. Penelitian lain oleh Hidayati (2024) juga menemukan bahwa suku bunga dan nilai tukar memiliki hubungan kuat terhadap volatilitas IHSG selama periode 2019–2024.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis volatilitas return harian Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) periode 2020–2023 menggunakan model GARCH(1,1), mengestimasi parameter volatilitas dan tingkat persistensinya, serta mengidentifikasi karakteristik *volatility clustering* dan dinamika pergerakan risiko pasar saham Indonesia selama masa pandemi hingga pemulihan ekonomi.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Volatilitas dalam Pasar Saham

Volatilitas menggambarkan tingkat perubahan harga suatu aset keuangan dalam periode tertentu dan merupakan ukuran utama dari risiko pasar. Semakin tinggi volatilitas, semakin besar pula ketidakpastian terhadap return yang akan diterima investor (Hull, 2022). Dalam teori keuangan modern, volatilitas diartikan sebagai varian atau simpangan baku dari tingkat pengembalian (*return*) yang menunjukkan seberapa jauh harga dapat menyimpang dari nilai rata-ratanya (Fitriani & Rachmawati, 2023).

Faktor yang memengaruhi volatilitas di antaranya kondisi makroekonomi, kebijakan moneter, krisis global, serta perilaku investor (Danila, 2023). Selama pandemi COVID-19, volatilitas pasar meningkat tajam karena tingginya ketidakpastian dan pergeseran strategi investasi global. Dewi, Anggraeni, dan Irawan (2023) mencatat bahwa pada awal 2020 IHSG mengalami lonjakan volatilitas ekstrem akibat kepanikan investor dan arus keluar modal asing.

Penelitian-penelitian terkini menunjukkan bahwa volatilitas di pasar berkembang seperti Indonesia cenderung lebih persisten dibandingkan pasar maju (Wibowo & Kurniawati, 2020; Nguyen et al., 2023). Hal ini disebabkan oleh partisipasi besar investor ritel dan sensitivitas tinggi terhadap informasi global. Dengan demikian, analisis

volatilitas menjadi komponen penting dalam manajemen risiko, perencanaan portofolio, serta pengambilan keputusan investasi (Hidayati, 2024; Kumar & Patel, 2023).

2.2 Return Saham

Bagian ini menguraikan teori-teori relevan yang mendasari topik penelitian dan memberikan ulasan tentang beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dan memberikan acuan serta landasan bagi penelitian ini dilakukan. Jika ada hipotesis, bisa dinyatakan tidak tersurat dan tidak harus dalam kalimat tanya.

Return saham adalah tingkat keuntungan atau kerugian yang diterima investor dari investasi saham selama suatu periode. Return dapat berasal dari *capital gain* maupun *dividend yield*. Return saham mencerminkan tingkat keuntungan atau kerugian yang diperoleh investor dari perubahan harga saham dalam suatu periode. Return harian umumnya dihitung menggunakan logaritma alami perubahan harga (Fitriani & Rachmawati, 2023):

$$r_t = 100 \times \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right), \quad (1)$$

dengan

r_t = return logaritmik pada periode t

P_t = harga penutupan saham pada periode t

P_{t-1} = harga penutupan saham pada periode sebelumnya.

Return saham bersifat fluktuatif dan sering kali tidak berdistribusi normal, melainkan menampilkan *fat tails* serta volatilitas yang berkelompok (Dewi et al., 2023). Hubungan antara return dan risiko dikenal sebagai *risk-return trade-off*, yang menyatakan bahwa semakin besar risiko (volatilitas), semakin tinggi return yang diharapkan (Hull, 2022). Dalam konteks IHSG, fluktuasi return dipengaruhi oleh faktor makroekonomi seperti suku bunga, nilai tukar, dan inflasi (Hidayati, 2024), serta faktor eksternal seperti ketidakstabilan geopolitik dan kebijakan ekonomi global (Lestari & Sukmana, 2022).

Penelitian oleh Rahman dan Arianto (2023) menunjukkan bahwa pada periode 2020–2023, volatilitas return IHSG memiliki korelasi kuat dengan perubahan tingkat

suku bunga acuan Bank Indonesia dan kebijakan fiskal pemerintah. Hal ini menegaskan pentingnya analisis return dalam memahami mekanisme transmisi risiko di pasar saham Indonesia.

2.3 Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH) dan Generalized ARCH (GARCH)

Model Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH) diperkenalkan oleh Engle (1982) untuk mengakomodasi perubahan variansi yang tidak konstan pada data keuangan. Model ini menunjukkan bahwa variansi error pada waktu tertentu bergantung pada error masa lalu. Bollerslev (1986) mengembangkan model Generalized ARCH (GARCH) yang menambahkan efek volatilitas masa lalu untuk menangkap dinamika jangka panjang. Persamaan dasar model GARCH(1,1) adalah:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2, \quad (2)$$

dengan:

σ_t^2 = variansi bersyarat pada periode t

ε_{t-1}^2 = kuadrat residual periode sebelumnya

ω = parameter ARCH yang menggambarkan pengaruh *shock* baru terhadap volatilitas

β = parameter GARCH yang menggambarkan efek volatilitas masa lalu.

Jika $\alpha + \beta$ mendekati 1, maka volatilitas pasar bersifat persisten, artinya dampak guncangan harga tetap bertahan dalam beberapa periode berikutnya (Nguyen, Pham, & Vo, 2023).

Model GARCH telah banyak digunakan untuk menganalisis volatilitas indeks saham di Indonesia dan negara berkembang (Danila, 2023; Nguyen et al., 2023). Fitriani dan Rachmawati (2023) menemukan bahwa model GARCH (1,1) mampu menangkap *volatility clustering* dengan baik pada data harian IHSG. Sementara itu, Dewi et al. (2023) menunjukkan bahwa model GARCH dapat menjelaskan lonjakan volatilitas selama pandemi COVID-19 lebih akurat dibandingkan model linier konvensional.

Penelitian-penelitian terbaru juga memperluas model dasar ini, seperti EGARCH dan TGARCH, untuk menangkap efek asimetri volatilitas di mana guncangan negatif (bad news) biasanya menghasilkan peningkatan volatilitas lebih besar dibandingkan

guncangan positif (good news) (Kumar & Patel, 2023; Nguyen et al., 2023). Namun, model GARCH (1,1) tetap menjadi pendekatan dasar yang efisien dan stabil untuk memodelkan volatilitas jangka pendek, sehingga sesuai dengan fokus penelitian ini yaitu menganalisis dinamika volatilitas return IHSG periode 2020–2023.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan data sekunder berupa harga penutupan harian Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) selama periode 1 Januari 2020–31 Desember 2023 yang diperoleh dari basis data *Yahoo Finance*. Pemilihan periode tersebut didasarkan pada dinamika signifikan di pasar modal Indonesia, khususnya selama masa pandemi COVID-19 dan fase pemulihan ekonomi setelahnya. Data yang digunakan mencakup 970 observasi harga penutupan harian. Sebelum dilakukan analisis, data diperiksa dan dibersihkan dari *missing values* serta *outlier* guna memastikan keakuratan dan validitas hasil estimasi.

Return harian dihitung menggunakan rumus log-return sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (1). Penggunaan log-return dipilih karena memiliki kestabilan statistik yang lebih baik serta mampu menggambarkan perubahan harga saham dalam bentuk persentase secara proporsional. Sebelum dilakukan pemodelan volatilitas, dilakukan uji stasioneritas data menggunakan metode *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) untuk memastikan bahwa data return tidak mengandung akar unit. Jika data belum stasioner, maka dilakukan proses *differencing* hingga mencapai kondisi stasioner. Selain itu, uji Ljung–Box Q diterapkan pada residual kuadrat untuk mendeteksi autokorelasi, sedangkan uji ARCH–LM digunakan untuk memeriksa keberadaan efek heteroskedastisitas bersyarat.

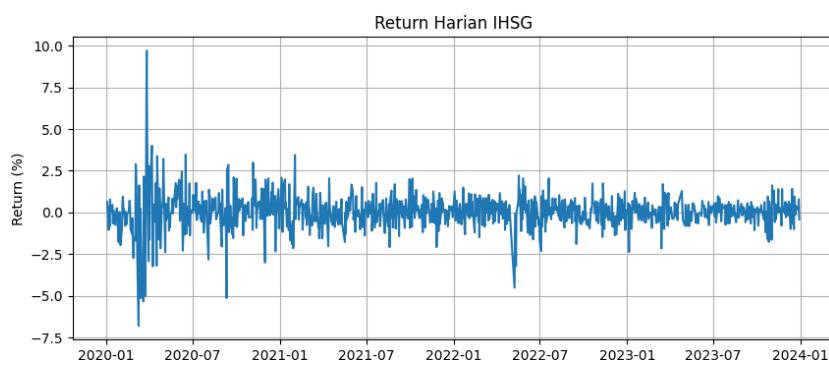
Pemodelan volatilitas dilakukan dengan menggunakan model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH)(1,1) sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (2). Estimasi parameter dilakukan dengan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) yang mampu menghasilkan pendugaan parameter secara efisien meskipun data memiliki distribusi non-normal. Evaluasi model dilakukan dengan membandingkan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) dan *Bayesian Information Criterion* (BIC), di mana nilai yang lebih kecil menunjukkan model yang paling sesuai

untuk menggambarkan volatilitas data. Selain itu, dilakukan analisis residual untuk memastikan bahwa model yang diperoleh bebas dari autokorelasi dan heteroskedastisitas tersisa, sehingga hasil estimasi dapat diinterpretasikan secara andal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Return Harian IHSG

Analisis return harian dilakukan untuk menggambarkan karakteristik dinamika harga Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) selama periode Januari 2020 hingga Desember 2023. Tujuan ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola fluktuasi pasar dan mendeteksi indikasi awal adanya ketidakstabilan variansi (*volatility clustering*) yang menjadi dasar penerapan model GARCH(1,1). Nilai return log harian dihitung berdasarkan perubahan harga penutupan berturut-turut, kemudian divisualisasikan guna memperoleh gambaran umum pergerakan pasar selama periode pengamatan.



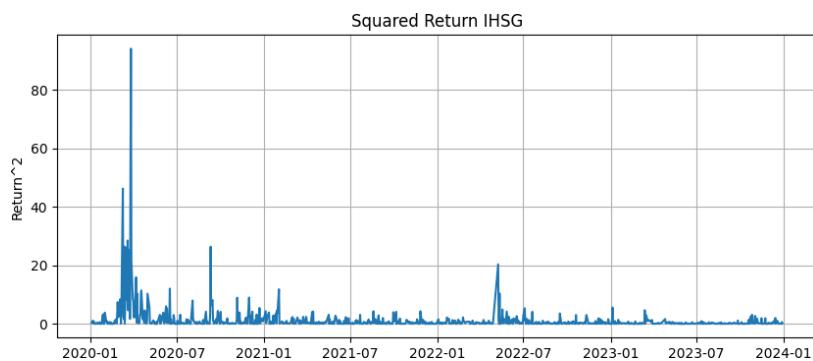
Gambar 1. Return Harian IHSG Periode Januari 2020–Desember 2023

Visualisasi pada Gambar 1 mengindikasikan bahwa dinamika return IHSG memperlihatkan tingkat fluktuasi yang tinggi dan tidak stabil dari waktu ke waktu. Periode awal tahun 2020 menunjukkan lonjakan signifikan akibat guncangan pasar yang berkaitan dengan pandemi COVID-19, sedangkan peningkatan volatilitas juga teramat pada pertengahan 2022. Pola volatility clustering terlihat jelas, di mana periode volatilitas tinggi diikuti oleh periode serupa, dan sebaliknya. Fenomena ini menunjukkan bahwa variansi return bersifat tidak konstan (heteroskedastik), sehingga penggunaan model GARCH(1,1) menjadi relevan untuk menangkap dinamika tersebut secara lebih akurat.

4.2 Analisis Squared Return

Analisis terhadap *squared return* dilakukan untuk menyoroti variasi volatilitas return IHSG secara lebih rinci. *Squared return* mencerminkan besarnya fluktuasi harga

dalam bentuk kuadrat, yang dapat mengungkap periode-periode ekstrem volatilitas dan memperkuat bukti empiris adanya heteroskedastisitas bersyarat pada data keuangan.



Gambar 2. Squared return IHSG Periode Januari 2020–Desember 2023

Gambar 2 memperlihatkan bahwa *squared return* mengalami peningkatan tajam pada Maret 2020, mencerminkan fase volatilitas ekstrem yang disebabkan oleh ketidakpastian global selama pandemi. Peningkatan serupa, meskipun dalam skala lebih rendah, juga teramati pada pertengahan 2021 dan 2022. Pola tersebut memperkuat temuan empiris mengenai adanya *time-varying volatility*, suatu karakteristik umum pada data pasar keuangan yang mendukung penerapan model GARCH untuk estimasi variansi bersyarat.

4.3 Estimasi Model GARCH(1,1)

Setelah teridentifikasi adanya heteroskedastisitas, dilakukan estimasi model GARCH(1,1) untuk mengukur volatilitas bersyarat return IHSG. Model ini mengasumsikan bahwa variansi pada periode tertentu bergantung pada shock periode sebelumnya (*ARCH effect*) dan variansi masa lalu (*GARCH effect*).

Tabel 1 Parameter dan model

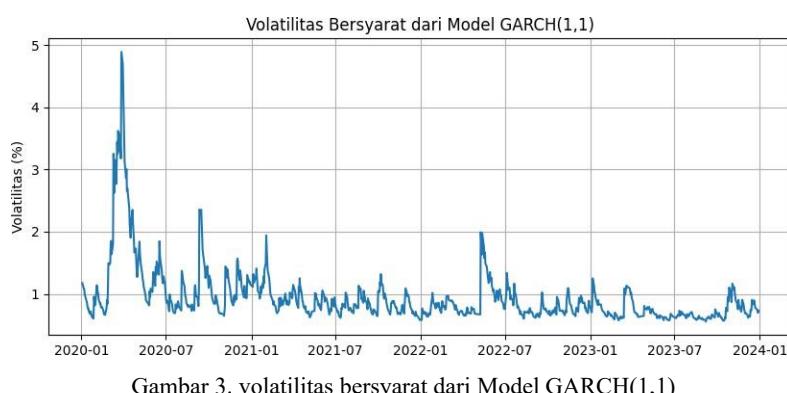
Parameter	Nilai
ω	0.0637
α (<i>ARCH</i>)	0.1723
β (<i>GARCH</i>)	0.7631
$\alpha + \beta$	0.9354
Log-Likelihood	-1252.13
AIC	2512.26
BIC	2531.78

Hasil estimasi menunjukkan bahwa parameter $\omega = 0.0637$, $\alpha = 0.1723$, dan $\beta = 0.7631$, seluruhnya bernilai positif dan signifikan secara statistik. Hal ini

mengindikasikan bahwa model memenuhi kondisi kestabilan variansi (*positive definiteness*). Nilai $\alpha + \beta = 0.9354$ mendekati satu, menandakan tingkat persistensi volatilitas yang tinggi, di mana pengaruh guncangan pasar (*shock*) terhadap volatilitas bersifat jangka panjang. Nilai AIC (2512.26) dan BIC (2531.78) yang relatif rendah menunjukkan efisiensi model tanpa indikasi *overfitting*. Temuan ini konsisten dengan literatur klasik oleh Engle (1982) dan Bollerslev (1986), yang menyatakan bahwa model GARCH(1,1) efektif dalam menangkap dinamika volatilitas pada data keuangan berfrekuensi tinggi.

4.4 Dinamika Volatilitas Bersyarat

Analisis selanjutnya berfokus pada perilaku volatilitas bersyarat hasil estimasi model GARCH(1,1). Visualisasi ini digunakan untuk memahami perubahan intensitas risiko pasar dalam konteks temporal.

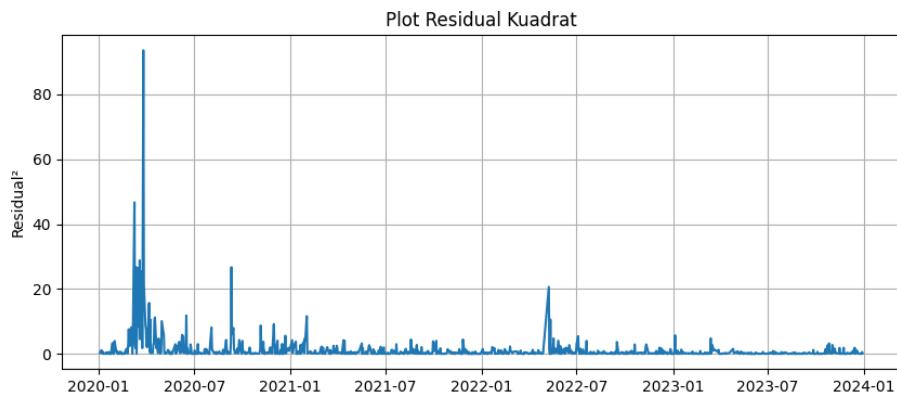


Gambar 3. volatilitas bersyarat dari Model GARCH(1,1)

Gambar 3 menunjukkan bahwa volatilitas bersyarat mengalami lonjakan signifikan pada awal tahun 2020, yang berkorelasi dengan ketidakpastian global akibat pandemi COVID-19. Setelah periode tersebut, volatilitas cenderung menurun secara bertahap dan mencapai kestabilan relatif pada tahun 2022–2023, meskipun sesekali masih terjadi fluktuasi menengah. Pola ini menggambarkan sifat *mean-reverting*, di mana tingkat volatilitas tinggi akan kembali menuju keseimbangan dalam jangka waktu tertentu. Temuan ini mengonfirmasi kemampuan model GARCH(1,1) dalam menangkap fenomena *volatility clustering* dan dinamika risiko pasar yang berubah-ubah seiring waktu.

4.5 Analisis Residual dan Diagnostik Model

Evaluasi model dilakukan untuk memastikan bahwa struktur heteroskedastisitas telah berhasil diakomodasi. Pengujian mencakup analisis visual terhadap residual kuadrat serta uji Ljung–Box untuk mendeteksi adanya autokorelasi residual hingga lag ke-10.



Gambar 4. Plot residual kuadrat

Visualisasi residual kuadrat pada Gambar 4 menunjukkan sebaran acak tanpa pola yang jelas, mengindikasikan bahwa sebagian besar heteroskedastisitas telah dieliminasi oleh model. Namun, hasil uji Ljung–Box menghasilkan nilai $p < 0,05$, yang menunjukkan masih terdapat autokorelasi dalam residual kuadrat. Hal ini mengimplikasikan bahwa model GARCH(1,1) belum sepenuhnya menghapus ketergantungan volatilitas dari periode sebelumnya. Dengan demikian, model yang lebih kompleks seperti EGARCH atau GJR-GARCH, atau penerapan distribusi residual non-normal seperti Student-t, dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan ketepatan estimasi. Kesimpulan ini sejalan dengan studi Dharma (2025) yang menekankan pentingnya pemilihan model distribusi yang sesuai dalam pemodelan volatilitas pasar keuangan.

Hasil estimasi model GARCH(1,1) menunjukkan persistensi volatilitas yang tinggi dengan nilai $\alpha + \beta = 0,9354$, yang menandakan bahwa guncangan pasar memiliki efek jangka panjang terhadap volatilitas IHSG. Temuan ini konsisten dengan karakteristik pasar keuangan yang menampilkan *volatility clustering* serta variansi yang tidak konstan.

Penelitian ini sejalan dengan studi terbaru oleh Tanjung (2025) yang menunjukkan bahwa model T-GARCH mampu menangkap asimetri volatilitas IHSG selama periode pasca-pandemi. Hafizhah (2024) juga menemukan bahwa EGARCH memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan GARCH(1,1) karena dapat merepresentasikan efek asimetri

tanpa batasan positif pada parameter. Meskipun demikian, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa model GARCH(1,1) tetap kompetitif, sebagaimana disimpulkan oleh Dharma (2025) dalam perbandingan antar aset keuangan di Asia.

Lebih lanjut, Pendekatan hibrida seperti GARCH-LSTM (JISEBI, 2025; Zhang & Li, 2022) dan GARCH-MIDAS (Siagian, 2025; Liu & Wang, 2021) terbukti meningkatkan akurasi peramalan volatilitas IHSG dengan memadukan unsur makroekonomi dan pembelajaran mesin.. Selain faktor model, Agustina et al. (2024) menemukan adanya *spillover* volatilitas antara IHSG dan harga emas selama pandemi, sedangkan Alghifary et al. (2023) menyoroti dampak negatif lonjakan kasus COVID-19 terhadap indeks saham.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mendukung literatur terkini bahwa volatilitas IHSG bersifat persisten dan dipengaruhi oleh faktor eksternal, serta bahwa model GARCH(1,1) masih layak digunakan sebagai model dasar. Namun, peningkatan model melalui pendekatan asimetris atau hibrida disarankan untuk memperoleh estimasi volatilitas yang lebih akurat dalam kondisi pasar yang dinamis.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis volatilitas return harian IHSG periode Januari 2020–Desember 2023 menggunakan model GARCH(1,1). Hasil estimasi menunjukkan bahwa seluruh parameter model signifikan dengan nilai $\alpha + \beta = 0,9354$, yang menandakan adanya persistensi volatilitas tinggi dan sifat *volatility clustering* pada IHSG. Model ini mampu merepresentasikan dinamika volatilitas pasar dengan baik, meskipun hasil uji Ljung–Box menunjukkan masih terdapat autokorelasi pada residual kuadrat. Oleh karena itu, model GARCH(1,1) dinilai cukup representatif sebagai model dasar dalam analisis volatilitas pasar saham Indonesia.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model dengan pendekatan asimetris atau distribusi Student-t, serta memperluas variabel yang digunakan agar mampu menangkap pengaruh faktor eksternal terhadap volatilitas pasar secara lebih akurat.

DAFTAR REFERENSI

- Agustina, R., Rahmadani, N., & Yusnaini, A. (2024). Volatility spillover between Indonesian stock market and gold during the COVID-19 pandemic. *Management & Accounting Expose*, 7(2), 79–88.
- Alghifary, M. S., Utami, W., & Fitriah, N. (2023). Indonesian stocks' volatility during COVID-19 waves. *International Journal of Islamic Economics and Finance Studies*, 9(1), 55–68.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307–327.
- Danila, N. (2023). Revisiting financial volatility in the Indonesian Islamic stock market: GARCH-MIDAS approach. *Journal of Indonesian Economy and Business*, 38(2), 101–117.
- Dewi, R. M., Anggraeni, L., & Irawan, T. (2023). Indonesian stock market return volatility and foreign portfolio capital: Evidence before and during COVID-19 pandemic. *Jurnal Aplikasi Bisnis dan Manajemen*, 9(1), 45–56.
- Dharma, Y. D. (2025). Volatility forecasting using GARCH versus EGARCH across asset classes. *International Journal of Business and Economics*, 15(2), 145–157.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of UK inflation. *Econometrica*, 50(4), 987–1007.
- Fitriani, R., & Rachmawati, S. (2023). Pemodelan volatilitas saham Indonesia dengan model GARCH dan EGARCH. *Jurnal Sains Aktuaria dan Keuangan*, 7(1), 22–33.
- Hafizhah, A. R. (2024). Perbandingan metode EGARCH dan variannya untuk efek asimetri pada data keuangan. *Gaussian: Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(2), 130–142.
- Hidayati, R. N. (2024). Analisis volatilitas IHSG: Pengaruh suku bunga dan nilai tukar dalam dinamika pasar saham Indonesia. *Jurnal Ekonomi, Bisnis dan Pendidikan*, 5(2), 55–68.
- Hull, J. C. (2022). Options, Futures, and Other Derivatives (11th ed.). Pearson Education.
- JISEBI. (2025). Predicting the volatility of Jakarta Composite Index using hybrid GARCH–LSTM–volume model. *Journal of Islamic Social and Economic Business Research*, 10(1), 32–44.
- Kumar, P., & Patel, S. (2023). Modeling stock market volatility using EGARCH and engeng104–125.
- Lestari, A., & Sukmana, R. (2022). Macroeconomic determinants of Indonesia stock market volatility during COVID-19. *Asian Economic and Financial Review*, 12(3), 231–245.
- Liu, J., & Wang, Y. (2021). Modeling COVID-19 impact on emerging stock markets using GARCH family models. *Journal of Financial Econometrics*, 19(4), 675–692.

- Nguyen, T. M., Pham, H. Q., & Vo, D. H. (2023). Volatility persistence and asymmetry in Southeast Asian stock markets: Evidence from GARCH models. *Emerging Markets Finance and Trade*, 59(8), 1815–1832.
- Rahman, F., & Arianto, T. (2023). Interest rate transmission and stock market volatility in Indonesia: Evidence during post-COVID-19 recovery. *Jurnal Keuangan dan Perbankan Indonesia*, 17(2), 77–90.
- Siagian, L. D. (2025). Investor sentiment dynamics and market volatility in Indonesia: GARCH-MIDAS and machine learning approach. *Eduvest: Journal of Universal Studies*, 5(4), 287–301.
- Tanjung, A. A. (2025). Analisis dinamika volatilitas IHSG dengan model Threshold GARCH. *Jurnal Teknologi Ekonomi dan Akuntansi Regional*, 8(1), 45–58.
- Zhang, W., & Li, X. (2022). Stock market volatility forecasting with hybrid GARCH–LSTM model: Evidence from Asia-Pacific markets. *Applied Economics Letters*, 29(21), 1873–1881.