

Perbandingan Model Peramalan Volatilitas Return Saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) Periode 2015–2025

Irmatul Hasanah¹✉, Elsa², Ma'mun Nawawi³,

¹Program Studi Matematika, UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten

²Program Studi Ekonomi Syariah, UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten

³Program Studi Perbankan Syariah, UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten

Email korespondensi: ✉irmatul.hasanah@uinbanten.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik volatilitas serta membandingkan kinerja beberapa model runtun waktu dalam memodelkan return saham PT Aneka Tambang Tbk selama periode 2015–2025. Data yang digunakan berupa harga penutupan harian saham dengan total 2.640 observasi yang kemudian dihitung return saham menggunakan return logaritmik menjadi 2.639 observasi. Tahapan analisis yang digunakan pada penelitian ini, yaitu uji stasioneritas menggunakan *Augmented Dickey–Fuller* (ADF), pengujian heteroskedastisitas bersyarat menggunakan ARCH-LM test, serta estimasi model volatilitas GARCH(1,1), EGARCH(1,1), dan TGARCH (1,1), estimasi parameter, pemilihan model terbaik, serta uji diagnostik terhadap model terbaik. Hasil uji ADF menunjukkan bahwa return saham bersifat stasioner, sedangkan uji ARCH-LM menunjukkan adanya heteroskedastisitas. Berdasarkan hasil analisis diperoleh model EGARCH(1,1) adalah model terbaik dengan nilai Log-Likelihood, AIC, serta BIC terkecil. Selanjutnya berdasarkan hasil uji diagnostik menunjukkan bahwa model EGARCH(1,1) layak digunakan untuk melakukan peramalan pada volatilitas return saham.

Kata kunci

Return saham, Volatilitas, Model GARCH, EGARCH, TGARCH

Abstract

*This study aims to analyze the characteristics of volatility and compare the performance of several time series models in modeling the stock returns of PT Aneka Tambang Tbk during the period 2015–2025. The data used consists of daily closing stock prices with a total of 2,640 observations, which were then used to calculate stock returns using logarithmic returns, resulting in 2,639 observations. The analysis stages used in this study are stationarity testing using the *Augmented Dickey–Fuller* (ADF) test, conditional heteroskedasticity testing using the ARCH-LM test, and estimation of GARCH(1,1), EGARCH(1,1), and TGARCH(1,1) volatility models, parameter estimation, selection of the best model, and diagnostic testing of the best model. The ADF test results show that stock returns are stationary, while the ARCH-LM test indicates the presence of heteroskedasticity. Based on the analysis results, the EGARCH(1,1) model is the best model with the smallest Log-Likelihood, AIC, and BIC values. Furthermore, based on the diagnostic test results, it was shown that the EGARCH(1,1) model is suitable for forecasting stock return volatility.*

Keywords

Stock returns, Volatility, GARCH models, EGARCH, TGARCH

How to cite:

Hasanah, I., Elsa., & Nawawi, M. (2025). Perbandingan Model Peramalan Volatilitas Return Saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) Periode 2015–2025. *Jurnal Riset Pecinta Matematika*, 2(2), 80-89.

Pendahuluan

Perkembangan pasar modal yang semakin dinamis menyebabkan pergerakan harga saham menjadi sulit diprediksi dan sarat dengan ketidakpastian. Investor tidak hanya dihadapkan pada potensi keuntungan, tetapi juga pada risiko yang tercermin dari volatilitas return saham. Volatilitas menjadi indikator penting karena mencerminkan tingkat fluktuasi return dan menggambarkan besarnya risiko yang melekat pada suatu saham. Oleh karena itu, pemahaman dan peramalan volatilitas return saham memegang peranan penting dalam pengambilan keputusan investasi, pengelolaan portofolio, serta manajemen risiko di pasar keuangan.

Secara empiris, volatilitas return saham tidak bersifat konstan dari waktu ke waktu. Data keuangan menunjukkan adanya pola *volatility clustering*, yaitu periode volatilitas tinggi yang cenderung diikuti oleh periode volatilitas tinggi berikutnya, dan sebaliknya. Karakteristik ini tidak dapat dijelaskan oleh model statistik klasik yang mengasumsikan varians konstan. Untuk menjawab permasalahan tersebut, Engle (1982) memperkenalkan model Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH), yang kemudian dikembangkan oleh Bollerslev (1986) menjadi model Generalized ARCH (GARCH). Model GARCH terbukti mampu menangkap sifat heteroskedastisitas bersyarat dan persistensi volatilitas pada data return keuangan.

Meskipun model GARCH standar banyak digunakan, model ini mengasumsikan bahwa respon volatilitas terhadap kejutan positif dan negatif bersifat simetris. Pada kenyataannya, pasar saham sering bereaksi lebih kuat terhadap informasi buruk dibandingkan informasi baik. Fenomena ini dikenal sebagai *leverage effect*, di mana kejutan negatif cenderung meningkatkan volatilitas secara lebih besar dibandingkan kejutan positif dengan besaran yang sama. Untuk mengakomodasi kondisi tersebut, dikembangkan berbagai model GARCH asimetris seperti Exponential GARCH (EGARCH) (Nelson, 1991), GJR-GARCH (Glosten et al., 1993), dan Threshold GARCH (TGARCH) (Zakoian, 1994). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa model-model asimetris ini lebih efektif dalam menangkap dinamika volatilitas pasar, khususnya pada periode pasar yang bergejolak.

Sejumlah studi empiris di berbagai negara dan instrumen keuangan menunjukkan bahwa tidak terdapat satu model volatilitas yang selalu unggul dalam semua kondisi pasar. Penelitian pada pasar saham India menemukan bahwa model EGARCH memberikan kinerja peramalan yang lebih baik dibandingkan model GARCH dan TGARCH (Ananth Alias Rohith Bhat et al., 2024). Studi lintas negara pada indeks saham global juga menunjukkan bahwa model GARCH asimetris lebih mampu menangkap asimetri dan persistensi volatilitas selama periode krisis keuangan dan pandemi COVID-19 (Marisetty, 2024; Meher et al., n.d.). Selain itu, penelitian mengenai *volatility decay* mengungkap bahwa kejutan negatif memiliki dampak volatilitas yang lebih besar dibandingkan kejutan positif dan berpengaruh terhadap return yang diproyeksikan di masa depan (Agarwal & Dhankhar, 2024).

Dalam konteks pasar modal Indonesia, saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) merupakan salah satu saham sektor pertambangan yang memiliki tingkat volatilitas relatif tinggi. Pergerakan harga saham ANTM dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti fluktuasi harga komoditas global, nilai tukar, kondisi makroekonomi, serta sentimen pasar. Periode 2015–2025 mencakup berbagai fase penting, mulai dari kondisi pasar yang relatif stabil, perlambatan ekonomi global, pandemi COVID-19, hingga fase pemulihan ekonomi. Perbedaan kondisi tersebut berpotensi menimbulkan karakteristik volatilitas yang berbeda antarperiode, sehingga pemilihan model peramalan volatilitas yang tepat menjadi sangat penting.

Meskipun penelitian mengenai volatilitas saham menggunakan model GARCH family telah banyak dilakukan, kajian yang secara khusus membandingkan kinerja model GARCH simetris dan asimetris pada saham PT Aneka Tambang Tbk dengan cakupan periode jangka panjang masih relatif terbatas. Selain itu, temuan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa efektivitas model volatilitas sangat bergantung pada karakteristik data dan kondisi pasar yang dianalisis (Dinga et al., 2023; Marisetty, 2024). Oleh karena itu, diperlukan penelitian komparatif yang menguji secara empiris kinerja beberapa model volatilitas pada saham ANTAM.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja model GARCH, EGARCH, dan GJR-GARCH dalam meramalkan volatilitas return saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) selama periode 2015–2025. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris bagi pengembangan studi volatilitas saham di Indonesia serta menjadi rujukan bagi investor dan pelaku pasar dalam memahami risiko dan menyusun saham.

Metode

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data runtun waktu periode 2015-2025. Data runtun waktu yang digunakan adalah data harian PT Aneka Tambang Tbk yang diperoleh dari website www.investing.com dengan kode pencarian ANTM. Populasi penelitian ini adalah seluruh harga saham penutupan harian PT Aneka Tambang Tbk dan sampel penelitian ini adalah harga saham harian PT Aneka Tambang Tbk dalam periode 10 tahun terakhir yaitu Januari 2015 hingga November 2025. Metode pengumpulan penelitian ini menggunakan teknik dokumentasi, yaitu mengunduh langsung dari website. Sedangkan pengolahan data dilakukan dengan bantuan software RStudio.

Metode analisis data dilakukan dengan beberapa tahapan untuk menemukan model terbaik yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan yang akurat pada saham PT Aneka Tambang Tbk.

1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan berupa harga penutupan harian saham ANTAM yang diperoleh dari sumber data keuangan daring yang kredibel. Periode pengamatan mencakup Januari 2015 hingga November 2025 dengan total 2.640 observasi harga. Data kemudian diseleksi untuk memastikan tidak terdapat nilai hilang pada variabel tanggal dan harga.

2. Perhitungan Return Saham

Return saham dihitung menggunakan rumus berikut:

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

dimana:

P_t : harga penutupan pada waktu t

P_{t-1} : harga penutupan pada waktu $t - 1$

Penggunaan return logaritmik umum diterapkan dalam studi keuangan karena memiliki sifat statistik yang lebih stabil dan sesuai untuk analisis volatilitas (Cont, 2001)

3. Analisis Statistika Deskriptif

Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk menggambarkan karakteristik dasar data return saham, meliputi nilai minimum, maksimum, rata-rata, median, dan kuartil. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh gambaran awal mengenai sebaran data dan potensi adanya volatilitas tinggi serta nilai ekstrem.

4. Uji Stasioneritas Data

Uji stasioneritas dilakukan menggunakan *Augmented Dickey–Fuller (ADF) test*. Uji ini bertujuan untuk memastikan bahwa data return saham bersifat stasioner pada level sehingga layak digunakan dalam pemodelan deret waktu tanpa proses differencing tambahan (Engle, 1982).

5. Uji Heteroskedastisitas

Setelah data dinyatakan stasioner, dilakukan pengujian adanya heteroskedastisitas bersyarat menggunakan ARCH-LM test. Keberadaan efek ARCH menunjukkan bahwa varians data berubah dari waktu ke waktu dan menjadi dasar empiris untuk penggunaan model GARCH dan turunannya (Bollerslev, 1986).

6. Estimasi Model Volatilitas

Untuk memodelkan volatilitas return saham, digunakan beberapa model heteroskedastisitas bersyarat, yaitu:

- a. GARCH(1,1) untuk menangkap fenomena volatility clustering,
- b. EGARCH(1,1) untuk menangkap volatilitas asimetris dan efek leverage,
- c. TGARCH/GJR-GARCH(1,1) untuk memodelkan perbedaan dampak guncangan positif dan negatif terhadap volatilitas.

Model EGARCH dan TGARCH digunakan karena volatilitas pasar keuangan sering kali bersifat asimetris, di mana guncangan negatif berdampak lebih besar dibandingkan guncangan positif (Nelson, 1991; Al-Yahyaee et al., 2021).

7. Metode Estimasi Parameter

Estimasi parameter model dilakukan menggunakan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Untuk mengakomodasi karakteristik return saham yang memiliki ekor tebal (*heavy tails*), model EGARCH dan TGARCH diestimasi dengan asumsi distribusi Student-t (Li & Wei, 2021).

8. Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik dilakukan dengan membandingkan nilai log-likelihood serta kriteria informasi *Akaike Information Criterion* (AIC) dan *Bayesian Information Criterion* (BIC). Model dengan nilai log-likelihood tertinggi dan AIC/BIC terendah dianggap memiliki kinerja terbaik dalam memodelkan volatilitas return saham.

9. Uji Diagnostik Model

Tahap akhir meliputi uji diagnostik residual, yaitu uji Ljung–Box pada residual dan residual kuadrat, uji ARCH pasca-estimasi, serta uji stabilitas parameter. Uji diagnostik ini bertujuan untuk memastikan bahwa model yang diestimasi telah mampu menghilangkan autokorelasi dan efek heteroskedastisitas yang tersisa, sehingga hasil estimasi dapat diandalkan.

10. Peramalan

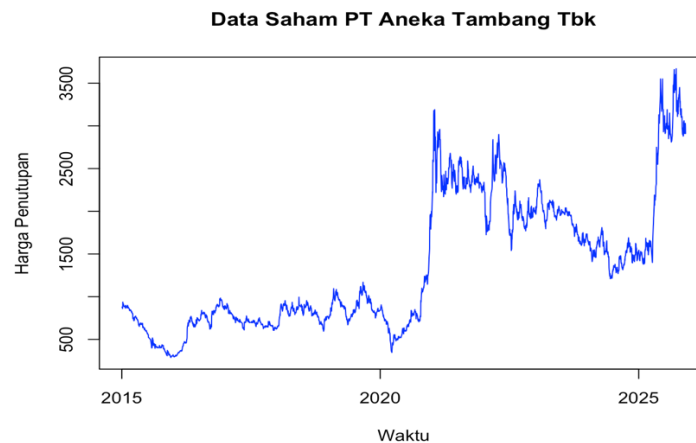
Sebagai tahap akhir, model volatilitas terpilih digunakan untuk melakukan peramalan volatilitas return saham ANTAM. Peramalan dilakukan berdasarkan parameter hasil estimasi model terbaik dengan memanfaatkan informasi historis return saham. Hasil peramalan digunakan untuk menggambarkan perilaku volatilitas pada periode mendatang serta sebagai dasar analisis risiko. Fokus peramalan dalam penelitian ini adalah pada dinamika volatilitas, bukan pada prediksi arah harga saham, sehingga peramalan difokuskan pada varians bersyarat (*conditional variance*) dari return saham.

Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil dan pembahasan yang diperoleh berdasarkan tahapan analisis pada bagian metode. Hasil ini berupa output hasil analisis menggunakan software R Studio.

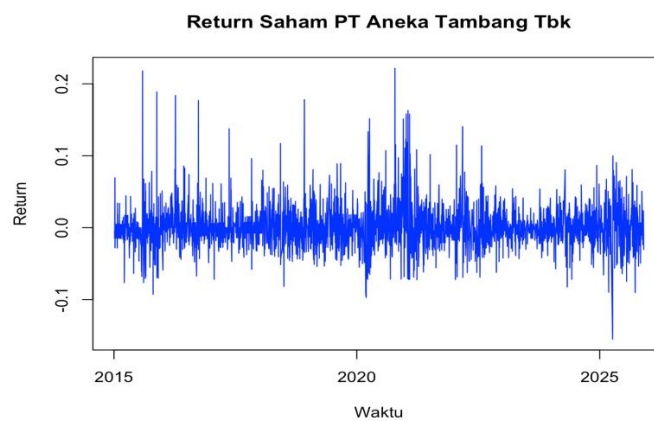
1. Visualisasi Harga Saham dan Return Saham

Sebagai tahapan awal, disajikan plot data runtun waktu dari data saham serta return saham. Data runtun waktu yang disajikan adalah data penutupan harga saham harian PT Aneka Tambang Tbk.



Gambar 1. Plot Runtun Waktu Data Saham Harian PT Aneka Tambang Tbk

Gambar 1 menunjukkan plot runtun waktu saham harian mulai Januari 2015 hingga November 2025 pada PT Aneka Tambang yang diambil pada website ([Marisetty, 2024](#); [Meher et al., n.d.](#)). Jumlah data sebanyak 2.640. Plot data menunjukkan adanya fluktuasi dan perubahan level yang cukup signifikan dan menunjukkan bahwa data bersifat tidak stasioner.



Gambar 2. Plot Return Saham PT Aneka Tambang Tbk

Gambar 2 menunjukkan bahwa data return saham PT Aneka Tambang Tbk sudah stasioner terhadap rata-rata karena berfluktuasi di sekitar nol. Namun, terlihat bahwa beberapa periode terjadi lonjakan besar baik positif maupun negatif.

2. Statistik Deskriptif Return Saham

Statistik deskriptif memberikan gambaran awal mengenai data return saham.

Tabel 1. Statistik Deskriptif

Min	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max
-0.1551706	-0.0146702	0.0000000	0.0004541	0.0129243	0.2218355

Berdasarkan **Tabel 1**, return saham PT Aneka Tambang Tbk memiliki rata-rata dan median yang mendekati nol, namun dengan rentang nilai yang sangat lebar. Nilai minimum dan maksimum yang ekstrem mengindikasikan volatilitas yang tinggi serta kemungkinan keberadaan *extreme returns*.

3. Uji Stasioneritas Data Return Saham

Tahapan selanjutnya akan dilakukan uji stasioneritas pada data return saham menggunakan uji ADF.

Tabel 2. Uji Augmented Dickey-Fuller (ADF)

Augmented Dickey-Fuller Test		
Data: ret_antm		
Dickey-Fuller = -12.857	Lag order = 13	$p - value = 0.01$
Alternative hypothesis: stationary		

Berdasarkan hasil uji ADF pada return saham, diperoleh $p - value$ sebesar 0,01 artinya data return saham bersifat stasioner. Hal ini sejalan dengan teori keuangan yang menyatakan bahwa return saham umumnya stasioner meskipun harga saham tidak stasioner (Engle, 1982).

4. Uji Heteroskedastisitas

Pada tahapan ini akan dilakukan uji heteroskedastisitas untuk menguji apakah varians tidak konstan sehingga dapat dilakukan pemodelan GARCH. Pengujian ini dilakukan dengan uji ARCH.

Tabel 3. Uji ARCH LM

ARCH LM-test; Null hypothesis: no ARCH effects		
data: ret_antm		
Chi-squared= 119.56	$df = 10$	$p - value < 2.2e - 16$

Berdasarkan hasil uji ARCH LM yang ditunjukkan pada **Tabel 3**, diperoleh $p - value$ sebesar $2,2 \times 10^{-16}$. Hal ini menunjukkan bahwa adanya heteroskedastisitas pada data return saham.

5. Pemodelan Volatilitas dan Estimasi Parameter

Pada tahapan ini akan dilakukan estimasi model volatilitas pada model GARCH, EGARCH, dan TGARCH.

a. Pemodelan volatilitas dengan GARCH(1,1)

Model GARCH(1,1) adalah model yang dapat menangkap fenomena *volatility clustering*.

Tabel 4. Estimasi Model GARCH(1,1)

Parameter	Estimasi	p-value
ω	0,000031	0,00002
α_1	0,078583	0,00000
β_1	0,890256	0,00000

b. Pemodelan volatilitas dengan EGARCH(1,1)

Model EGARCH(1,1) merupakan pengembangan dari model GARCH yang dirancang untuk menangkap sifat asimetris volatilitas pada data keuangan.

Tabel 5. Estimasi Model EGARCH(1,1)

Parameter	Estimasi	p-value
ω	-0,129774	0,000000
α_1	-0,021714	0,115997
β_1	0,981382	0,000000
γ_1	0,177759	0,000000
Shape	3,489733	0,000000

c. Pemodelan volatilitas dengan TGARCH(1,1)

Model TGARCH(1,1) adalah model volatilitas yang mengakomodasi perbedaan dampak antara guncangan positif dan negatif melalui mekanisme ambang (*threshold*).

Tabel 6. Estimasi Model TGARCH(1,1)

Parameter	Estimasi	p-value
ω	0,000013	0,729973
α_1	0,051314	0,150407
β_1	0,922576	0,000000
γ_1	0,050221	0,541372
Shape	3,613971	0,005529

6. Pemilihan Model Terbaik

Pada tahapan ini akan dilakukan pemilihan model terbaik berdasarkan nilai log-likelihood serta kriteria informasi Akaike Information Criterion (AIC) dan Bayesian Information Criterion (BIC) pada output.

Tabel 7. Perbandingan Model

Model	Log-Likelihood	AIC	BIC
GARCH(1,1)	5693,185	-4,3116	-4,3027
EGARCH(1,1)	5936,517	-4,4945	-4,4812
TGARCH(1,1)	5935,031	-4,4934	-4,4800

Berdasarkan **Tabel 7**, diperoleh nilai Log-Likelihood, AIC, BIC terkecil pada model EGARCH(1,1). Sehingga model EGARCH(1,1) merupakan spesifikasi yang paling tepat untuk menggambarkan dinamika volatilitas PT Aneka Tambang Tbk.

7. Uji Diagnostik Model

Setelah diperoleh model terbaik yang dilihat berdasarkan nilai Log-Likelihood dan AIC serta BIC. Tahapan selanjutnya yaitu uji diagnostik model. Berikut adalah hasil uji diagnostik model. EGARCH(1,1) sebagai model terbaik yang terpilih.

Tabel 8. Uji Diagnostik Model EGARCH(1,1)

Jenis Uji Diagnostik	Indikator	Keputusan	Interpretasi
Ljung-Box (Residual)	p-value > 0,05 pada beberapa Lag	Lolos	Tidak terdapat autokorelasi pada residual; model mean memadai
Ljung-Box (Residual Kuadrat)	p-value > 0,05 pada beberapa Lag	Lolos	Tidak terdapat heteroskedastisitas tersisa; volatilitas tertangkap model
ARCH-LM (Pasca Estimasi)	p-value > 0,05 pada sebagian Lag	Sebagian	Masih ada indikasi ARCH kecil; namun tidak dominan
Nyblom Stability (Joint)	Statistik mendekati nilai kritis	Cukup Stabil	Parameter relatif stabil sepanjang periode
Sign Bias Test	p-value > 0,05	Lolos	Tidak terdapat bias tanda; asimetri telah tertangkap
Goodness-of-Fit (Pearson)	p-value > 0,05	Terbatas	Distribusi Student-t belum sempurna, namun lebih baik dari normal

Berdasarkan hasil uji diagnostik pada **Tabel 8** di atas menunjukkan bahwa model EGARCH(1,1) dapat dikatakan layak untuk memodelkan return saham PT Aneka Tambang Tbk.

8. Peramalan

Tahap terakhir adalah tahap peramalan menggunakan model terpilih yaitu EGARCH(1,1) dalam 10 hari ke depan.

Tabel 9. Tabel Hasil Peramalan Volatilitas Return Saham Menggunakan Model EGARCH(1,1)

Hari	Mean Return Forecast	Volatilitas	Vars
1	-0.001866742	0.02581392	0.0006663584
2	-0.001866742	0.02589656	0.0006706318
3	-0.001866742	0.02597792	0.0006748523
4	-0.001866742	0.02605801	0.0006790200
5	-0.001866742	0.02613685	0.0006831351
6	-0.001866742	0.02621446	0.0006871978
7	-0.001866742	0.02629084	0.0006912085
8	-0.001866742	0.02636602	0.0006951672
9	-0.001866742	0.02644001	0.0006990742
10	-0.001866742	0.02651282	0.0007029298

Berdasarkan hasil peramalan menggunakan model EGARCH(1,1), peramalan mean return terlihat konstan dan bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa dalam jangka pendek, tidak ada kecenderungan perubahan yang signifikan pada return. Sedangkan volatilitas dan varians menunjukkan kenaikan setiap harinya. Hal ini menunjukkan volatilitas yang kuat karena peningkatan volatilitas dipengaruhi oleh volatilitas periode sebelumnya.

Kesimpulan

Hasil perbandingan kinerja model GARCH(1,1), EGARCH(1,1), dan TGARCH(1,1) dalam memodelkan serta meramalkan volatilitas return saham PT Aneka Tambang Tbk diperoleh model terbaik adalah EGARCH(1,1). Hal ini dilihat berdasarkan nilai Log-Likelihood, AIC, dan BIC.

Referensi

- Ahmed, R. R., Vveinhardt, J., Streimikiene, D., & Zahid, S. (2018). Forecasting stock market volatility: Evidence from GARCH family models. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 31(1), 1523–1537. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2018.1480966>
- Alberg, D., Shalit, H., & Yosef, R. (2008). Estimating stock market volatility using asymmetric GARCH models. *Applied Financial Economics*, 18(15), 1201–1208. <https://doi.org/10.1080/09603100701604225>
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307–327. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- Brooks, C. (2019). *Introductory econometrics for finance* (4th ed.). Cambridge University Press.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*, 50(4), 987–1007. <https://doi.org/10.2307/1912773>
- Glosten, L. R., Jagannathan, R., & Runkle, D. E. (1993). On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. *Journal of Finance*, 48(5), 1779–1801. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1993.tb05128.x>
- Karmakar, M. (2007). Asymmetric volatility and risk-return relationship in the Indian stock market. *South Asia Economic Journal*, 8(1), 99–116. <https://doi.org/10.1177/139156140600800106>
- Khan, M. A., & Ahmad, I. (2019). Modeling exchange rate volatility using GARCH models. *Journal of Applied Economics and Business Research*, 9(1), 30–41.
- Nelson, D. B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica*, 59(2), 347–370. <https://doi.org/10.2307/2938260>
- Nguyen, T. T., & Le, A. H. (2020). Comparing the performance of GARCH family models in capturing stock market volatility in India. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(3), 45–56. <https://doi.org/10.13106/jafeb.2020.vol7.no3.45>
- Poon, S. H., & Granger, C. W. J. (2003). Forecasting volatility in financial markets: A review. *Journal of Economic Literature*, 41(2), 478–539. <https://doi.org/10.1257/002205103765762743>

- Rahman, M. L., & Hossain, M. A. (2022). Volatility modelling of Malaysia Islamic and conventional stock prices using GARCH and EGARCH models. *AIP Conference Proceedings*, 2472(1), 030012. <https://doi.org/10.1063/5.0092872>
- Sadorsky, P. (2006). Modeling and forecasting petroleum futures volatility. *Energy Economics*, 28(4), 467–488. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.04.005>
- Said, S. E., & Dickey, D. A. (1984). Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order. *Biometrika*, 71(3), 599–607. <https://doi.org/10.1093/biomet/71.3.599>
- Suleman, M. T., & Sarpong, D. (2012). Modeling stock market volatility using GARCH models: Evidence from Dar es Salaam Stock Exchange. *International Journal of Business and Social Science*, 3(12), 185–191.
- Ullah, S., & Wajid, A. (2023). Predicting volatility of Bitcoin returns with ARCH, GARCH and EGARCH models. *Future Business Journal*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s43093-023-00219-4>
- Zakoian, J. M. (1994). Threshold heteroskedastic models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18(5), 931–955. [https://doi.org/10.1016/0165-1889\(94\)90039-6](https://doi.org/10.1016/0165-1889(94)90039-6)