

Analisis Volatilitas dan Prediksi Harga Minyak Mentah Indonesia

Astri Melati Manik¹, Listya Mawarni², Ilham Arya Dhuta Zain³, Fitri Kartiasih^{4*}

^{1,2,3,4}*Program Studi D-IV Statistika, Politeknik Statistika STIS, Jalan Otto Iskandardinata No.64C Jakarta 13330, Indonesia*

Korespondensi; ¹Astri Melati Manik, ²Listya Mawarni, ³Ilham Arya Dhuta Zain, Fitri Kartiasih⁴ Email: 212212520@stis.ac.id¹, 212212706@stis.ac.id², 212212659@stis.ac.id³, fkartiasih@stis.ac.id⁴

Abstrak

Volatilitas harga minyak mentah (ICP) memiliki dampak yang luas dan kompleks terhadap ekonomi Indonesia, memengaruhi pertumbuhan ekonomi, inflasi, nilai tukar, dan kesejahteraan sosial. Harga minyak mentah (ICP) mengalami tren penurunan selama tiga tahun terakhir setelah mengalami kenaikan yang signifikan pada tahun 2022. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis volatilitas pada harga minyak mentah pada periode tahun 2016-2024 serta melakukan peramalan harga minyak mentah (ICP) pada periode 2025. Penelitian ini menggunakan model TGARCH dalam analisis volatilitas dan peramalannya. Model terbaik untuk analisis volatilitas dan peramalan harga minyak mentah (ICP) adalah model TGARCH (1,2), dengan nilai MAPE sebesar 6,7%. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa harga minyak mentah (ICP) mengalami volatilitas yang cukup tinggi serta memiliki tren yang terus menurun di tahun 2025. Penurunan ICP berdampak pada pendapatan dan belanja negara. Selain itu, penurunan harga minyak mentah juga dapat berkontribusi pada pengurangan biaya produksi dan inflasi, yang berpotensi menurunkan suku bunga serta meningkatkan pasar saham. Di tengah situasi ini, pemerintah diharapkan dapat menemukan cara untuk meningkatkan penerimaan negara meskipun kondisi ICP sedang menurun.

Kata Kunci: Volatilitas, ICP, TGARCH

Abstract

The volatility of crude oil prices (ICP) has a wide and complex impact on Indonesia's economy, influencing economic growth, inflation, exchange rates, and social welfare. Crude oil prices (ICP) have shown a declining trend over the past three years after experiencing a significant increase in 2022. This study aims to analyze the volatility of crude oil prices during the 2016-2024 period and forecast crude oil prices (ICP) for 2025. This study employs the TGARCH model for volatility analysis and forecasting. The best model for analyzing the volatility and forecasting crude oil prices (ICP) is the TGARCH (1,2) model, with a MAPE value of 6,7%. The findings of this study indicate that crude oil prices (ICP) experience considerable volatility and are expected to continue their downward trend in 2025. A decline in ICP affects government revenues and expenditures. In addition, falling crude oil prices may also contribute to lower production costs and inflation, potentially lowering interest rates and boosting the stock market. Amidst this situation, the government is expected to find ways to increase state revenues despite the decline in ICP.

Keywords: Volatility, ICP, TGARCH

Pendahuluan

Crude oil atau minyak mentah, sebagai sumber energi utama di Indonesia, merupakan komoditas yang sangat penting dalam mendukung proses produksi dan perekonomian domestik [1,2,3,4]. Minyak mentah memiliki peran strategis dalam mendukung perekonomian, khususnya sebagai sumber utama

bahan bakar. Pasokan minyak mentah merupakan elemen esensial dalam berbagai sektor industri, termasuk dalam proses distribusi hasil produksi, pembangkitan energi listrik, dan operasional mesin-mesin produksi. Mengingat perannya yang fundamental, fluktuasi harga minyak memberikan dampak yang signifikan terhadap perekonomian. Kenaikan harga minyak, dapat menjadi faktor penghambat pertumbuhan ekonomi akibat meningkatnya biaya produksi yang berujung pada penurunan tingkat produktivitas perusahaan. Penurunan produktivitas ini selanjutnya dapat menyebabkan berkurangnya *output* yang dihasilkan, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan pendapatan regional maupun nasional [5]. Lebih lanjut, kenaikan harga minyak juga berpotensi memicu inflasi, mengingat bahan bakar minyak merupakan kebutuhan dasar masyarakat sekaligus komoditas pendukung berbagai sektor lainnya. Peningkatan harga minyak domestik akan mendorong kenaikan harga barang dan jasa, sehingga memicu inflasi [6,7]. Inflasi yang tinggi pada gilirannya dapat menyebabkan stagnansi pasar dan mengganggu stabilitas ekonomi nasional [8].

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia (2011) mengemukakan bahwa minyak dan gas bumi telah memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi nasional selama beberapa dekade, baik sebagai sumber energi maupun sumber penerimaan negara. Hal ini menyebabkan harga minyak mentah menjadi patokan penting dalam menentukan kebijakan-kebijakan, seperti kebijakan energi nasional, perdagangan, dan fiskal negara. Di Indonesia, harga minyak mentah yang digunakan adalah Indonesian *Crude Oil Price* (ICP), yaitu rata-rata harga minyak mentah Indonesia di pasar internasional. ICP juga menjadi dasar dalam menentukan harga minyak mentah yang digunakan untuk penyusunan dan perhitungan APBN (Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara).

Volatilitas aset berjangka di pasar komoditas merupakan fenomena yang umum terjadi dan memiliki peran signifikan dalam perekonomian global [9]. Secara khusus, pasar komoditas minyak mentah sering menghadapi fluktuasi ekstrem yang disebabkan oleh berbagai guncangan, seperti ketidakstabilan geopolitik di wilayah penghasil minyak maupun ekspektasi penurunan permintaan minyak selama pandemi global. Perkembangan harga minyak mentah Indonesia (ICP) mengalami tren penurunan selama tiga tahun terakhir. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, harga minyak mentah (ICP) mengalami penurunan dari tahun 2022 ke tahun 2024 adalah akibat produksi minyak global yang mengalami peningkatan sebesar 0,3 juta barel setiap hari. Selain hal tersebut, adanya ketegangan geopolitik di kawasan Timur Tengah menjadi salah satu penyebab tren harga minyak mentah turun. Pemulihan perekonomian setelah Covid-19 juga menjadi salah satu faktor yang mengakibatkan penurunan harga minyak mentah (ICP).

Oleh karena itu, analisis yang berkelanjutan terhadap fluktuasi harga minyak mentah Indonesia (ICP) menjadi hal yang krusial dalam mendukung pengembangan sektor industri serta pertumbuhan ekonomi nasional, terutama penting untuk mengetahui apakah guncangan tersebut bersifat persisten atau hanya terjadi dalam jangka waktu yang singkat. Pemahaman terhadap dinamika harga minyak mentah ini memungkinkan para pemangku kepentingan, termasuk pelaku industri dan pemerintah, untuk merancang strategi yang efektif, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Sebagai contoh, apabila harga minyak mentah diproyeksikan mengalami kenaikan, pemerintah dapat menyusun kebijakan ekonomi yang strategis untuk mendorong pertumbuhan ekonomi, sementara pelaku industri dapat merencanakan diversifikasi sumber energi guna mengurangi ketergantungan terhadap minyak mentah [10]. Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk meramalkan harga minyak mentah Indonesia ini adalah model ARCH/GARCH. Model *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH) pertama kali diperkenalkan oleh Engle pada tahun 1982 [11] dan kemudian dikembangkan lebih lanjut menjadi *Generalized ARCH* (GARCH) oleh Bollerslev pada tahun 1986 [12]. Model ARCH/GARCH secara luas digunakan untuk mengestimasi volatilitas yang bersifat tidak konstan dan bergantung pada waktu. Model ini mampu memberikan estimasi yang baik untuk volatilitas yang berubah secara bertahap dan berkelanjutan. Oleh karena itu, penerapannya dalam analisis data runtun waktu telah banyak dipelajari di berbagai sektor. Namun, model GARCH memiliki keterbatasan dalam menggambarkan beberapa karakteristik dari *return* aset [13]. Untuk mengatasi kelemahan ini, berbagai varian model GARCH yang dimodifikasi telah dikembangkan oleh peneliti. Salah satu contohnya adalah model TGARCH yang

diusulkan oleh Zakoian [14], yang dirancang untuk menganalisis dampak asimetris antara *return* negatif dan positif terhadap volatilitas bersyarat.

Kebaruan penelitian ini terletak pada kontribusinya dalam mengisi kesenjangan penelitian sebelumnya dengan memasukkan pertimbangan terhadap efek asimetri dalam volatilitas harga minyak mentah Indonesia (ICP). Penelitian sebelumnya telah mengkaji volatilitas dan peramalan harga minyak mentah menggunakan berbagai pendekatan, seperti model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Neural Network* [15], model *Smooth Transition Autoregressive* (STAR) dan *Autoregressive Moving Average* (ARMA) [16], regresi polinomial [17], serta model *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (ARCH) dengan pendekatan fungsi transfer [18]. Namun, sejauh pengetahuan peneliti hingga saat ini, belum ada studi yang secara eksplisit mempertimbangkan asimetri volatilitas dalam konteks harga minyak mentah Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini akan memberikan kontribusi baru dalam literatur dengan mengaplikasikan model yang mampu menangkap efek asimetri volatilitas, sehingga menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif dan akurat terkait dinamika volatilitas harga minyak mentah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis volatilitas harga minyak mentah Indonesia (*Indonesian Crude Price/ICP*) dengan menggunakan model ARCH/GARCH dan salah satu variannya, TGARCH. Melalui pendekatan ini, penelitian ini berusaha memahami pola fluktuasi harga minyak mentah Indonesia (ICP) serta karakteristik volatilitasnya. Selanjutnya, penelitian ini juga akan mengidentifikasi model ARCH/GARCH yang paling sesuai untuk memodelkan volatilitas harga tersebut dengan menggunakan berbagai kriteria evaluasi. Dari model terbaik tersebut kemudian akan dilakukan peramalan harga minyak mentah Indonesia, guna menghasilkan informasi yang andal dalam mendukung perencanaan kebijakan ekonomi dan mitigasi risiko akibat fluktuasi harga minyak mentah Indonesia (ICP). Dengan pendekatan ini, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi yang signifikan terhadap literatur ekonomi, khususnya terkait aplikasi model ARCH/GARCH pada analisis komoditas minyak mentah.

Landasan Teori

Volatilitas merupakan suatu cara dalam pengukuran yang akan menunjukkan besaran harga berfluktuasi dalam suatu periode waktu. Volatilitas mengacu pada kondisi potensi pergerakan harga suatu komoditas yang memiliki kecenderungan perbedaan yang sangat tinggi. Hal ini berkaitan erat dengan ketidakstabilan harga dalam suatu komoditas. Volatilitas tinggi ditandai dengan kenaikan dan penurunan harga yang signifikan terjadi dalam kurun waktu yang relatif singkat. Volatilitas yang kecil memiliki risiko yang rendah untuk mengalami penurunan atau kenaikan yang drastis dalam fluktuasi harganya dan cenderung memiliki harga yang stabil [19]. Estimasi nilai volatilitas dapat dihitung dengan menggunakan varians dan deviasi perubahan harga dalam suatu periode waktu dan menentukan pergerakan data berubah dengan keacakannya. Faktor penyebab adanya volatilitas pada suatu komoditas biasanya disebabkan oleh bencana alam, faktor politik, faktor ekonomi, dan faktor dari industri terkait. Asumsi homoskedastis atau varians residual yang konstan dalam suatu periode waktu umumnya digunakan dalam pemodelan *time series*.

Asumsi homoskedastisitas dalam keberadaan volatilitas harga pada data *time series* dalam bidang ekonomi dan bisnis tidak bisa terpenuhi. Hal tersebut dikarenakan data ekonomi dan bisnis memiliki varians residual yang selalu berubah sepanjang waktu (heteroskedastisitas). Model *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (ARCH) dapat memperhitungkan adanya unsur heteroskedastisitas pada data dalam analisis *time series*. Model ARCH dikenalkan oleh Robert Engle pada tahun 1982 [11], dimana model ini dipakai dalam memodelkan varians residual yang tergantung pada nilai kuadrat residual pada periode sebelumnya secara *autoregressive*. Pada model ini, terdapat dua jenis varians yaitu varians konstan dan varians yang memperhitungkan nilai volatilitas dari besaran nilai terkait pada periode

sebelumnya. Varian pada periode saat ini tergantung pada volatilitas pada periode sebelumnya, jika volatilitas pada periode sebelumnya besar maka varian pada periode saat ini juga besar.

Pemodelan ARCH kemudian dikembangkan pada tahun 1986 oleh Bollerslev[12] dengan memperhitungkan unsur residual periode sebelumnya dan keragaman residualnya. Model yang dikembangkan oleh Bollerslev ini dikenal dengan *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH). Model ARCH terus dikembangkan untuk menangani keterbatasannya. Pada tahun 1991, Nelson [20]. memperkenalkan model EGARCH yang bertujuan dalam menangani dampak negatif dan positif dari volatilitas harga dalam suatu periode waktu. Kemudian, pada tahun 1994, Zakoian[14] memperkenalkan model TGARCH yang berfokus pada volatilitas standar deviasi pada data. Percobaan pertama kali model TGARCH dilakukan untuk menganalisis volatilitas dalam indeks persediaan di Prancis. Model yang diperkenalkan oleh Zakoian ini kemudian digunakan oleh beberapa peneliti dalam mengestimasi volatilitas seperti, nilai minyak mentah, ethanol, gas bumi, dan batubara [21].

Minyak mentah merupakan sumber daya alam yang paling aktif diperdagangkan di pasar global [22]. Minyak mentah merupakan jenis bahan baku yang paling banyak digunakan untuk berbagai produk seperti solar, bensin, dan *jet fuel*, yang akan dipergunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor [23]. Proses pembuatan minyak mentah membutuhkan waktu yang sangat lama hingga jutaan tahun yang diperoleh dari sisa-sisa makhluk hidup yang telah mati dan terkubur di bawah tanah. Minyak mentah biasanya ditemukan pada area cekungan lapisan batuan sedimen yang bertumpuk. Pengklasifikasian minyak mentah dibedakan berdasarkan kandungan sulfur, kepadatan, dan titik didih. Minyak mentah adalah salah satu komoditas yang sangat penting bagi masyarakat Indonesia dan salah satu komoditas yang paling diperhatikan dalam perekonomian. Maka dari itu, volatilitas harga minyak mentah dapat memengaruhi pergerakan perekonomian di Indonesia [24].

Harga minyak mentah dan volatilitas harga minyak mentah berperan penting dalam mempengaruhi perekonomian global [25]. Pada tanggal 1 Juli 2017, Harga minyak mentah di Indonesia atau sering disebut sebagai *Indonesian Crude Price (ICP)* ditetapkan oleh pemerintah setiap bulannya. Hal ini berpedoman pada Surat Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 6171 K/12/MEM/2017. Perumusan harga minyak mentah Indonesia adalah $ICP = Dated\ Brent + Alpha$, dimana $alpha$ adalah rumusan yang Perhitungan harga minyak mentah Indonesia (ICP) didasarkan pada formula $ICP = Dated\ Brent + Alpha$. Komponen Alpha dihitung dengan mempertimbangan kesesuaian kualitas minyak mentah, dinamika harga minyak mentah internasional, serta aspek ketahanan energi nasional. Nilai Alpha ditentukan melalui rumus $50\% \Delta RIM + 50\% \Delta Platts$, di mana ΔRIM adalah selisih antara harga minyak mentah Indonesia yang dipublikasikan oleh RIM dan harga Dated Brent dari publikasi Platts pada bulan pengapalan. Sementara itu, $\Delta Platts$ adalah selisih antara harga minyak mentah Indonesia yang dipublikasikan oleh Platts dan harga Dated Brent dari Platts pada periode yang sama. RIM Intelligence Co, sebuah lembaga independen yang berpusat di Tokyo dan Singapura, menyediakan data harga minyak untuk pasar Asia Pasifik dan Timur Tengah. Di sisi lain, Platts merupakan penyedia informasi energi global terbesar, meliputi minyak, gas alam, listrik, petrokimia, batubara, dan tenaga nuklir.

Penelitian mengenai volatilitas dan harga minyak mentah telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti Anggraini et al. (2023) [15] mengenai perbandingan model *Autoregressive Integrated Moving Average* dan *Neural Network* dalam meramalkan harga minyak mentah Indonesia. Hasil dari penelitian tersebut menyimpulkan bahwa peramalan dengan menggunakan ARIMA dan *hybrid* ARIMA NN (*Neural Network*) adalah akurat dengan nilai MAPE dari kedua metode peramalan tersebut di bawah 10%. Namun nilai MAPE dari *hybrid* ARIMA NN cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai MAPE dari pemodelan dengan ARIMA. Penelitian terkait minyak mentah juga dilakukan oleh Rizki Dirgantari (2018) [16] dengan topik penggunaan model *Smooth Transition Autoregressive* (STAR) dan model *Autoregressive Moving Average* (ARMA) dalam memprediksi minyak mentah Indonesia. Penelitian tersebut menyatakan bahwa dengan data yang digunakan, model ARMA dan STAR memiliki kemampuan peramalan yang sama yaitu pada kategori sangat baik dengan MAPE kurang dari 10%.

Namun, secara spesifik model ARMA memiliki nilai MAPE yang lebih kecil daripada model dengan STAR. Penelitian lainnya adalah dari Ferryan et al (2022) [17] mengenai prediksi harga minyak mentah Indonesia dengan metode regresi polinomial. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa model regresi polinomial orde 4 lebih baik jika dibandingkan dengan orde 2 dan orde 3. Nilai MAPE dengan model tersebut adalah sebesar 0,1068 serta nilai RMSE yaitu 7,017. Hal tersebut berarti bahwa peramalan berada pada tingkat akurasi yang baik. Kemudian, Deby Fakhriyana et al. (2016) [18] melakukan penelitian mengenai perbandingan model ARCH/GARCH dan fungsi transfer dalam memprediksi harga saham dan minyak mentah. Penelitian ini menyatakan bahwa model fungsi transfer lebih baik dalam memprediksi harga saham dan minyak mentah. Hal ini didasarkan pada nilai AIC fungsi transfer yang lebih kecil yaitu 7689,189 jika dibandingkan dengan nilai AIC pada model ARIMA yaitu sebesar 7707,428. Penelitian-penelitian tersebut menggunakan data *time series* dalam peramalan harga minyak mentah dengan berbagai metode.

Menurut Ferryan et al. (2022) [17] peramalan mengenai harga minyak mentah (ICP) perlu dilakukan karena harga minyak mentah sangat mempengaruhi perekonomian di Indonesia. Harga minyak mentah (ICP) dapat mempengaruhi harga komoditas menjadi tidak stabil. Harga komoditas yang tidak stabil memunculkan kerisauan di tengah masyarakat. Oleh karena itu peramalan harga minyak mentah (ICP) diperlukan sebagai dasar dalam rencana penentuan kebijakan pemerintah.

Bahan dan Metode

Data dalam penelitian ini berupa data sekunder yang bersumber dari Publikasi Statistik Minyak dan Gas Bumi oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (ESDM RI) pada website <https://migas.esdm.go.id/>. Data yang digunakan merupakan data perkembangan harga minyak mentah Indonesia atau *Indonesian Crude Oil Price* (ICP) per bulan pada periode Januari 2016 - November 2024. Secara keseluruhan, data ini merupakan data runtun waktu (*time series*) yang terdiri dari 107 observasi. Periode ini dipilih karena ada beberapa kondisi yang menyebabkan terjadinya perubahan harga minyak mentah yang signifikan sehingga menyebabkan terjadinya volatilitas harga. Hal ini sangat berkaitan dengan analisis yang peneliti lakukan terkait model yang mampu menangkap adanya volatilitas yang terjadi.

Pada penelitian ini, akan dilakukan analisis volatilitas serta peramalan harga minyak mentah untuk 12 bulan ke depan, dari Desember 2024 hingga November 2025. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH) / *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH) dengan bantuan *Software Eviews 12*.

Tahapan analisis volatilitas serta peramalan menggunakan model ARCH/GARCH adalah sebagai berikut.

1. Identifikasi efek ARCH

- Uji Stasioneritas Data

Pengidentifikasian efek ARCH dapat dilakukan dengan terlebih dahulu memeriksa stasioneritas data. Uji stasioneritas dilakukan dalam mengidentifikasi pengaruh tren dalam data [23]. Uji stasioneritas data dilakukan dengan tujuan untuk melihat keberadaan akar-akar unit. Jika terdapat akar-akar unit, maka menandakan bahwa data tidak stasioner. Hal ini menunjukkan bahwa *mean*, *variance*, dan *covariance* tidak konstan setiap waktu. Pengidentifikasian efek ARCH/GARCH yang dilakukan harus memenuhi asumsi stasioneritas data dari harga minyak mentah (ICP). Data yang tidak stasioner berakibat pada model regresi yang semu [26]. Uji stasioneritas data akan dilakukan dengan uji formal *Augmented Dicky Fuller* (ADF). Jika data tidak stasioner pada *level*, maka perlu dilakukan *differencing* hingga data stasioner. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$H_0: \delta = 0$; terdapat akar-akar unit (data tidak stasioner)

$H_1: \delta < 0$; tidak terdapat akar-akar unit (data stasioner)

- Estimasi Model ARIMA

Estimasi model ARIMA dilakukan pada data yang sudah stasioner. Kandidat model dapat dilihat dari nilai *cut off* dari *correlogram* yang terbentuk dari data yang telah stasioner. Kemudian akan diestimasi dan disimulasikan beberapa model untuk dilakukan pemilihan model terbaik dengan beberapa kriteria tertentu, yaitu signifikansi pada parameter, nilai *Adjusted R-squared* terbesar, serta nilai SSE, AIC, dan SIC terkecil.

Adapun bentuk umum model ARIMA adalah sebagai berikut:

- a. Model Autoregressive (AR(p))

Bentuk umum:

$$y_t = \delta + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

$$\text{Di mana } \delta = E(y_t)(1 - \phi_1 - \dots - \phi_p)$$

- b. Model Moving Average (MA(q))

Bentuk umum:

$$y_t = \delta + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

$$\text{Di mana } \delta = E(y_t)$$

- c. Model Autoregressive Moving Average (ARMA(p,q))

Bentuk umum:

$$y_t = \delta + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

$$\text{Di mana } \delta = E(y_t)(1 - \phi_1 - \dots - \phi_p)$$

- d. Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA(p,d,q))

Bentuk umum:

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d y_t = \delta + (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t$$

$$\text{Di mana } \delta = E(y_t)(1 - \phi_1 - \dots - \phi_p)$$

- Uji *White Noise* dan Identifikasi Efek ARCH

Setelah melakukan pemilihan model ARIMA terbaik, dilanjutkan dengan pengujian *white noise* serta identifikasi apakah ada efek ARCH dalam model ARIMA yang terpilih. Efek ARCH ditandai dengan terlanggarnya asumsi homoskedastisitas pada residual model yang terpilih. Efek ARCH/GARCH yang teridentifikasi didasarkan pada *heteroskedasticity test* serta *Correlogram Squared Residuals*. Hipotesis *heteroskedasticity test* adalah sebagai berikut.

H₀: Tidak ada efek ARCH (homoskedastis)

H₁: Ada efek ARCH (heteroskedastis)

2. Estimasi model

- Estimasi dan simulasikan beberapa model ARCH/GARCH

Model ARIMA yang terdapat efek ARCH kemudian akan diestimasi dalam beberapa model ARCH/GARCH untuk kemudian dipilih model terbaik dengan didasarkan pada beberapa kriteria. Kriteria-kriteria tersebut antara lain nilai *Adjusted R-Squared* dan log likelihood besar; nilai SSE (Sum of Squared Errors), AIC (Akaike Information Criterion), dan SIC (Schwarz Information Criterion) yang kecil; serta nilai Durbin Watson Statistic yang mendekati 2. Nilai Durbin Watson sangat penting dalam pemenuhan asumsi autokorelasi pada data *time series*. Adapun bentuk umum model ARCH/GARCH adalah sebagai berikut:

- a. Model *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH(q))

Bentuk umum:

$$h_t = \sum_{j=1}^q \alpha_j r_{t-j}^2$$

Di mana $\sum_{j=1}^q \alpha_j = 1$

b. Model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH(p,q))

Bentuk umum:

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i r_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i}$$

Di mana $r_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t$

Selain membuat simulasi model dengan ARCH/GARCH standar, penelitian ini juga menggunakan salah satu variasi dari model ARCH/GARCH *Family* yaitu *Threshold GARCH* (TGARCH) yang pertama kali dikenalkan oleh Zakoian pada tahun 1994[14]. Model ARCH/GARCH mengasumsikan bahwa residual memberikan dampak yang sama terhadap volatilitas atau dikatakan bersifat simetris, yaitu ketika berita baik (*good news*) dan berita buruk (*bad news*) berdampak sama terhadap volatilitas. Akan tetapi, data ekonomi pada dasarnya memiliki dampak yang berbeda terhadap volatilitas, di mana volatilitas *error* akibat guncangan negatif cenderung lebih besar dibandingkan guncangan positif. Fenomena ini dikenal sebagai pengaruh asimetris yang sering terjadi pada harga-harga komoditas, termasuk minyak mentah. Untuk mengatasi masalah ini, salah satu alternatifnya adalah menggunakan model TGARCH. Model umum model TGARCH (p, q) adalah sebagai berikut:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \gamma_i \varepsilon_{t-i}^2 I_{t-i} + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

3. Evaluasi model

Setelah menentukan model terbaik, maka akan dilakukan pengujian normalitas error, keacakan residual, serta efek ARCH pada model tersebut. Model harus memenuhi syarat normalitas *error*, keacakan residual, dan tidak terdapat lagi efek ARCH (homoskedastis).

Pengecekan normalitas *error* menggunakan distribusi *Generalized Error Distribution* (GED) dengan melihat pada statistik uji Jarque Bera. Zhao et al. [27] menyatakan bahwa model GED dapat menggambarkan karakteristik data asimetris dengan lebih baik. Dengan hipotesis dalam uji normalitas adalah sebagai berikut.

H_0 : *error* berdistribusi normal

H_1 : *error* tidak berdistribusi normal

Error dikatakan berdistribusi normal jika nilai p-value dari statistik Jarque-Bera lebih besar dari tingkat signifikansi 5% atau nilai *p-value* yang lebih besar dari 5%.

Residual dapat dikatakan acak jika tidak ada autokorelasi yang signifikan hingga lag tertentu. Autokorelasi ini dapat diidentifikasi menggunakan nilai probabilitas Q-statistic (Ljung-Box). Residual dikatakan acak jika nilai probabilitas Q-statistic di semua lag lebih besar dari tingkat signifikansi yang digunakan.

Pengecekan efek ARCH bertujuan untuk memastikan bahwa residual pada model terpilih tidak lagi memiliki efek ARCH atau residual sudah homoskedastis. Jika residual model telah homoskedastis, ini berarti bahwa model yang dipilih telah memadai dan telah dapat menangkap efek ARCH tersebut. ARCH LM Test (*ARCH Lagrange Multiplier Test*) dan *Correlogram*

Squared Residuals merupakan beberapa cara untuk menguji ada atau tidak efek ARCH ini. Hipotesis ARCH LM Test adalah sebagai berikut.

H_0 : Tidak ada efek ARCH (homoskedastis)

H_1 : Ada efek ARCH (heteroskedastis)

Model dikatakan tidak memiliki efek ARCH jika nilai *p-value* dari uji ARCH LM Test lebih besar dari tingkat signifikansi yang digunakan. Jika syarat-syarat ini telah terpenuhi, maka selanjutnya dapat dilakukan peramalan pada data.

4. Peramalan

Peramalan kemudian dilakukan dengan menggunakan model terbaik melalui tools yang ada pada software Eviews. Untuk mengukur keakuratan hasil peramalan, ukuran akurasi yang sering dipakai salah satunya adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) merupakan ukuran evaluasi kesalahan peramalan dengan mengukur rata-rata kesalahan absolut dalam bentuk persentase terhadap nilai aktual dengan rumus sebagai berikut.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \times 100$$

Keterangan:

y_t : Nilai aktual pada waktu t

$\hat{y}_t$: Nilai peramalan pada waktu t

n : Jumlah data

Nilai MAPE yang rendah menunjukkan kemampuan peramalan model yang baik, dan sebaliknya, nilai MAPE yang tinggi menunjukkan kemampuan peramalan model yang kurang baik [28]. Kategorisasi nilai MAPE dapat dilihat dari Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Nilai MAPE

Range MAPE	Keterangan
< 10 %	Peramalan sangat akurat
10 - 20 %	Peramalan baik
20 - 50 %	Peramalan cukup baik
> 50 %	Peramalan tidak akurat

Sumber: Khoiri (2022)

Hasil dan Pembahasan

Perkembangan Harga Minyak Mentah (ICP) Periode 2016-2024

Pergerakan harga minyak mentah (ICP) pada tahun 2016 hingga 2024 menunjukkan volatilitas harga. Pada Gambar 1 terlihat terjadi kenaikan dan penurunan harga minyak mentah (ICP) yang sangat cepat dalam beberapa tahun. Pada tahun 2016 hingga sebelum akhir tahun 2018, harga minyak mentah (ICP) menunjukkan tren kenaikan secara bertahap. Kemudian, pada tahun 2019 harga minyak mentah (ICP) mulai turun yang merupakan dampak dari perang dagang antara Amerika Serikat (AS) dan Tiongkok. Selain itu, menurunnya permintaan minyak mentah dunia serta meningkatnya produksi minyak mentah AS menjadi alasan turunnya harga minyak mentah di Indonesia. Penurunan yang pesat kemudian terjadi di tahun 2020, di mana pada bulan April 2020 harga minyak mentah Indonesia anjlok mencapai US\$ 20,66 per barel. Ini merupakan harga terendah selama periode 2016 hingga 2024. Tim

Harga Minyak Mentah Indonesia mengungkapkan bahwa harga minyak mentah (ICP) mengalami penurunan akibat adanya berbagai faktor seperti penetapan Pandemi Covid-19 oleh *World Health Organisation* (WHO) yang diikuti oleh berlakunya *lockdown* di sebagian besar negara konsumen minyak mentah karena persebaran kasus Covid-19 yang meluas. Faktor lain penyebab penurunan harga minyak mentah (ICP) ini juga karena *travel restriction* yang diberlakukan oleh sebagian besar negara di dunia yang menyebabkan permintaan minyak mentah menurun secara drastis. Penurunan harga minyak mentah dunia pada tahun 2020 juga disebabkan karena Arab Saudi sebagai *Supplier* minyak mentah dunia melakukan penurunan harga dengan tujuan merebut pasar global minyak mentah. Penurunan harga minyak mentah di kawasan Asia Pasifik selain dipengaruhi oleh faktor global, juga dipengaruhi oleh faktor yang terjadi di kawasan Asia Pasifik yaitu mengenai kilang-kilang *Crude oil Throughput* di Jepang yang berkurang 2,81 juta barel serta penurunan proyeksi pertumbuhan *Gross Domestic Bruto* (GDP) di beberapa negara yang berada kawasan Asia Pasifik seperti India dan China.



Gambar 1. Perkembangan Harga Minyak Mentah Indonesia (ICP) Periode 2016-2024

Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia, diolah

Pada tahun 2021 hingga pertengahan 2022, harga minyak mentah Indonesia mengalami kenaikan yang drastis. Kenaikan harga minyak mentah di Indonesia mencapai puncaknya pada Juni tahun 2022 yang mencapai US\$ 117,62 per barel menjadikan ini harga tertinggi selama periode 2016-2024. Menurut Executive Summary Team Kementerian ESDM, peningkatan ini disebabkan oleh berbagai faktor yaitu, kekhawatiran pelaku pasar global mengenai ketidakmampuan OPEC+ dalam memenuhi kuota produksi akibat kurangnya investasi, pemberlakuan sanksi terhadap Rusia, penurunan produksi minyak mentah dari Libya, Ekuador dan Nigeria, serta produksi yang telah mencapai batas maksimum dari United Arab Emirates. Kawasan Asia Pasifik mengalami peningkatan harga minyak mentah selain faktor global juga disebabkan oleh pengurangan pembatasan masa isolasi bagi pendatang dan dioperasikan kembali kilang-kilang independen di China. Selain itu, peningkatan kegiatan ekonomi dan pengurangan pembatasan perjalanan di India juga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan peningkatan harga minyak mentah di kawasan Asia Pasifik. Kemudian, dari tahun 2023 hingga 2024 harga minyak mentah mulai mengalami penurunan lagi secara perlahan menuju US\$70 per barel. Hal ini juga selaras dengan harga minyak mentah oleh Brent yang mengalami penurunan selama dua tahun berturut-turut. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral menjelaskan bahwa penyebab penurunan harga minyak ini di antaranya adalah permintaan minyak mentah utama di pasar internasional yang menurun, pasokan minyak mentah yang meningkat, serta adanya aksi ambil untung (*profit taking*) yang dilakukan oleh pelaku pasar saat harga minyak mentah mengalami penguatan akibat pergolakan geopolitik di Rusia dan Timur Tengah.

Hasil Analisis Model ARCH/GARCH

a. Identifikasi Efek ARCH

- Uji Stasioneritas Data

Hasil uji formal menggunakan *Augmented Dicky Fuller* (ADF) menunjukkan nilai *p-value* lebih dari tingkat signifikansi (α) 5% yaitu 0,1002. Nilai tersebut memiliki makna bahwa ada akar-akar unit dalam data yang berarti bahwa data harga minyak mentah (ICP) tidak stasioner di *level*. Kemudian dilakukan uji lanjutan dengan uji ADF di *first difference* yang menunjukkan nilai *p-value* kurang dari *alpha* dengan nilai 0,0000. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data harga minyak mentah (ICP) stasioner pada *first difference*.

Tabel 2. Uji Stasioneritas Data

<i>Test for unit root in</i>	Prob*	Kesimpulan
<i>Level</i>	0.1002	Tidak Stasioner
<i>First Difference</i>	0.0000	Stasioner

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Sumber: Data Olahan

- Estimasi Model ARIMA

Estimasi model regresi atau ARIMA dilakukan pada data harga minyak mentah (ICP) yang telah stasioner, yaitu pada *first difference*. Dengan demikian, kandidat model yang mungkin adalah ARIMA (p,1,q). Tabel 3 merupakan ringkasan hasil simulasi beberapa model ARIMA.

Tabel 3. Pemilihan Model ARIMA Terbaik

	Adjusted R-squared	SSE	Prob(F-statistic)	AIC	SIC
ARIMA (0,1,1)	0.05598	3712.153	0.01910*	6.45123	6.52661
ARIMA (1,1,1)	0.04726	3710.085	0.04740*	6.46953	6.57003
ARIMA (1,1,0)	0.04007	3774.734	0.04519*	6.46768	6.54306
ARIMA (1,1,2)	0.05267	3689.035	0.03645*	6.46393	6.56443
ARIMA (2,1,0)	-0.00599	3955.882	0.50522	6.51424	6.58962

*signifikan pada taraf uji 5%

Sumber: Data olahan

Berdasarkan hasil pengolahan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (0,1,1) adalah model terbaik yang memenuhi kriteria Prob (F-statistic), *Adjusted-R squared*, SSE, AIC, serta SIC.

Tabel 4. Model ARIMA (0,1,1).

Variable	Coefficient	t-statistics	Prob	Kesimpulan
C	0.410028	0.518062	0.6055	Tidak signifikan
MA(1)	0.289397	3.963646	0.0001	Signifikan
SIGMASQ	35.02032	8.597692	0.0000	Signifikan

Sumber: Data olahan

Dari Tabel 4 diperoleh persamaan ARIMA (0,1,1) sebagai berikut.

$$\Delta ICP_t = 0,410028 - 0,289397\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

- Uji *White Noise*

Pengujian asumsi white noise dilakukan pada model terbaik, ARIMA (0,1,1). Model harus memenuhi asumsi white noise, dimana residu dalam model harus stasioner dan bersifat acak (tidak memiliki pola tertentu).

Tabel 5. Output Uji *White Noise*

Lag	Probability	Lag	Probability
1		19	0,280
2	0,438	20	0,319
3	0,230	21	0,375
4	0,394	22	0,427
...	...	...	...
17	0,302	35	0,416
18	0,306	36	0,464

Sumber: Data olahan

Pengolahan yang dilakukan pada data harga minyak mentah (ICP) menunjukkan bahwa nilai probabilitas dari semua data lebih besar dari tingkat signifikansi (α) 5% yang mengindikasikan bahwa asumsi *white noise* terpenuhi.

- Identifikasi Efek ARCH

Tabel 6 merupakan ringkasan mengenai hasil pengujian *heteroskedasticity test*.

Tabel 6. Uji Efek ARCH

Identifikasi ARCH	Nilai hitung	P-value	Kesimpulan
<i>Heteroskedacity Test:</i> ARCH	F-statistic: 7.291924 Obs*R-squared: 6.942050	0.0081(<i>p-value</i> lebih rendah dari 5%)	Ada efek ARCH pada model ARIMA (0,1,1)
<i>Correlogram</i> <i>Squared Residuals</i>	Q-stat lag 27 sampai lag 36 lebih besar dari 40	Nilai P-value sebagian besar lebih rendah dari 5%	Unsur ARCH ada dalam koefisien ACF dan PACF

Sumber: Data olahan

Hasil pengolahan yang dilakukan pada model ARIMA (0,1,1) menunjukkan adanya efek ARCH. Efek ARCH yang teridentifikasi didasarkan pada *heteroskedasticity test* serta melihat *Correlogram Squared Residuals*.

b. Estimasi Model ARCH/GARCH

Model volatilitas dengan ARCH *Family* yang digunakan adalah model simetris dan asimetris. Model asimetris digunakan karena ada indikasi model memiliki volatilitas tinggi saat harga minyak mentah (ICP) rendah. Model simetris dilakukan dengan menggunakan model ARCH/GARCH sedangkan model asimetris menggunakan model *Threshold GARCH* (TGARCH). Tabel 7 merupakan hasil perbandingan antara model-model yang disimulasikan.

Tabel 7. Pemilihan Model ARCH *Family* terbaik

	Adjusted R-Squared	Log likelihood	SSE	Durbin- Watson Statistic	AIC	SIC
GARCH (1,1)	0.05986	-332.5622	3732.808	1.9475	6.3879	6.5387
GARCH (1,0)	0.04847	-333.2026	3778.021	1.8731	6.3811	6.5068
TGARCH (1,1)	0.04206	-334.6975	3803.493	1.8731	6.4282	6.5790
TGARCH (1,2)	0.05870	-328.2916	3737.426	2.0968	6.3262	6.5021
TGARCH (2,2)	0.02525	-332.1254	3870.228	1.8445	6.4174	6.6185

Sumber: Data olahan

Hasil pengolahan pada Tabel 7 menunjukkan model terbaik yang memenuhi kriteria yang telah disebutkan adalah model TGARCH (1,2). Model ini memiliki nilai log-likelihood terbesar serta nilai AIC dan SIC yang terkecil.

Tabel 8. Output Pemodelan TGARCH (1,2)

Variable	Coefficient	Z-statistics	Prob	Kesimpulan
C	0.115767	0.289872	0.7719	Tidak Signifikan
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	0.147902	4.708170	0.0000	Memiliki sifat asimetris
RESID(-2)^2*(RESID(-2)<0)	-0.257897	-23.69355	0.0000	Memiliki sifat asimetris
GARCH (-1)	1.068297	5080.362	0.0000	Signifikan

Sumber: Data olahan

Berdasarkan Tabel 8 diperoleh persamaan TGARCH (1,2) sebagai berikut.

$$\widehat{\sigma_t^2} = 0,115767 + 0,147902\varepsilon_{t-1}^2 I_{t-1} - 0,257897\varepsilon_{t-2}^2 I_{t-2} + 1,068297\sigma_{t-1}^2$$

Komponen $\varepsilon_{t-1}^2 I_{t-1}$ yang memiliki koefisien positif menunjukkan bahwa kejutan negatif ($\varepsilon_{t-1}^2 < 0$) memiliki dampak yang lebih signifikan terhadap volatilitas dibandingkan dengan kejutan positif ($\varepsilon_{t-1}^2 \geq 0$). Sebaliknya, komponen $-0,257897\varepsilon_{t-2}^2 I_{t-2}$ menunjukkan bahwa kejutan negatif pada t-

2 justru dapat mengurangi volatilitas saat ini. Nilai koefisien $\sigma_{t-1}^2 = 1,068297$ yang lebih besar dari satu (1) mengindikasikan bahwa volatilitas memiliki sifat yang sangat persisten. Artinya, jika terjadi peningkatan volatilitas, dampaknya cenderung berlangsung dalam beberapa periode ke depan.

c. Evaluasi Model ARCH/GARCH

- Pengecekan normalitas *error*

Hasil pengecekan normalitas *error* pada model TGARCH (1,2) menunjukkan *error* yang berdistribusi normal. Hal ini ditunjukkan oleh nilai p-value sebesar 0,37 yang lebih besar dari tingkat signifikansi yang digunakan.

- Pengecekan keacakan residual

Berdasarkan Tabel 9, diketahui bahwa nilai probabilitas Q-statistic lebih besar dari 0,05 pada semua lag. Dengan demikian, dapat diambil kesimpulan bahwa residual pada model TGARCH (1,2) adalah acak.

Tabel 9. Output Uji Keacakan Residual

Lag	Probability	Lag	Probability
1		19	0,332
2	0,405	20	0,361
3	0,137	21	0,421
4	0,260	22	0,482
...	...	...	...
17	0,294	35	0,695
18	0,354	36	0,724

Sumber: Data olahan

- Pengecekan efek ARCH

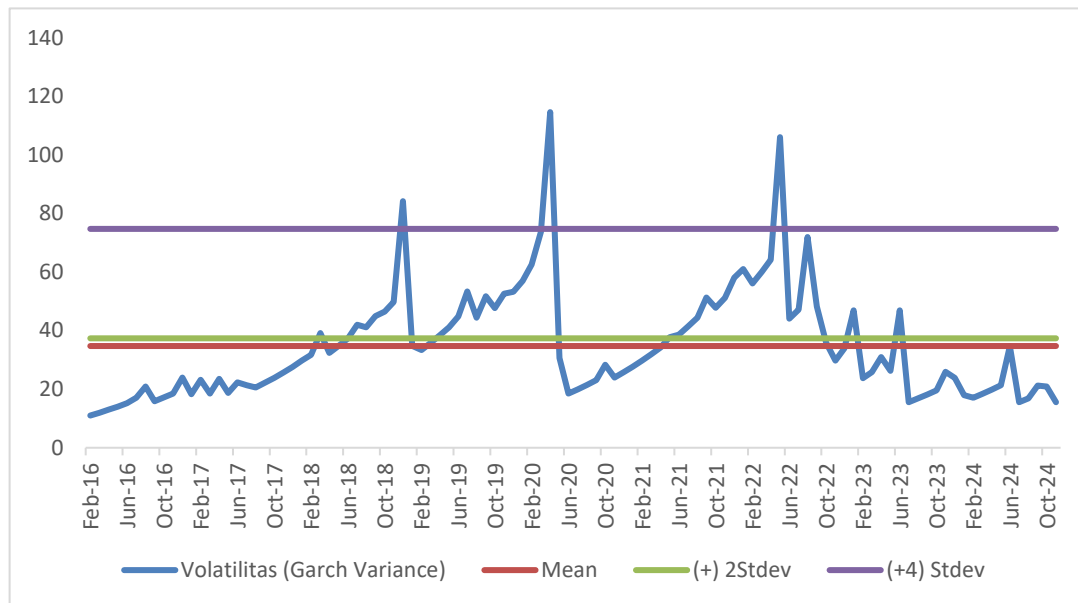
Nilai *p-value* yang diperoleh dari uji ARCH-LM adalah sebesar 0,8412. Karena nilai *p-value* ini lebih besar dari tingkat signifikansi, maka dapat disimpulkan bahwa model TGARCH (1,2) tidak memiliki efek ARCH atau model sudah homoskedastis. Hal tersebut juga bersesuaian dengan nilai *p-value* dari *output correlogram squared residuals* lebih besar dari 5%.

Tabel 10. Identifikasi Efek ARCH

Identifikasi ARCH	Nilai hitung	P-value	Kesimpulan
<i>Heteroskedacity Test:</i> ARCH	F-statistic: 0.040330 Obs*R-squared: 0.041098	0.8412	Tidak ada efek ARCH pada model ARIMA (0,1,1)
<i>Correlogram Squared Residuals</i>	Q-stat sampai lag 36 lebih kecil dari 40	Nilai <i>p-value</i> seluruh data lebih besar dari 5%	Unsur ARCH tidak ada dalam koefisien ACF dan PACF

Sumber: Data olahan

Berdasarkan hasil estimasi dari model TGARCH yang telah diperoleh, dapat diketahui bahwa harga minyak mentah Indonesia memiliki volatilitas karena memiliki efek ARCH. Volatilitas tersebut dapat dianalisis dengan terlebih dahulu mencari nilai akar GARCH *variance series*. Hasil volatilitas harga minyak mentah Indonesia dapat dilihat dari Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Volatilitas Harga Minyak Mentah Indonesia

Sumber: Data olahan

Volatilitas harga minyak mentah (ICP) terlihat bergerak secara fluktuatif tetapi tetap cenderung bergerak di sekitar nilai rataannya dan 2 kali standar deviasinya. Namun pada beberapa titik waktu, nilai volatilitasnya dapat melebihi 4 kali standar deviasinya. Hal ini terjadi pada Januari 2019, April 2020, dan Mei 2022. Jika diperhatikan, pada Januari 2019 terjadi penurunan harga minyak mentah yang drastis di Indonesia dipengaruhi oleh harga minyak mentah dunia. Begitu pula pada April 2020, dan Mei 2022, jatuhnya harga minyak mentah dunia tentu memberi dampak pada jatuhnya harga minyak mentah di Indonesia.

Peramalan Harga Minyak Mentah (ICP)

Gambar 3 menyajikan data hasil peramalan dan data aktual. Peramalan dilakukan selama 12 bulan ke depan, yaitu dari Desember 2024 sampai November 2025. Data hasil peramalan disajikan dalam Tabel 11 dan Gambar 3. Hasil peramalan menunjukkan harga minyak mentah (ICP) yang fluktuatif atau tidak stabil. Pada Desember 2024 hingga April 2025, harga minyak mentah diprediksi akan mengalami kenaikan. Akan tetapi, pada satu bulan berikutnya, akan terjadi penurunan yang kemudian meningkat lagi hingga bulan Juli. Pola yang sama juga ditunjukkan pada bulan-bulan berikutnya dimana harga minyak mentah akan turun lagi dari Agustus hingga September dan naik lagi di bulan Oktober dan terakhir menurun lagi di bulan November 2025. Hasil peramalan menggunakan model TGARCH (1,2) pada data ICP ini termasuk akurat karena menghasilkan nilai MAPE sebesar 6,7%. Rincian hasil peramalan ditunjukkan oleh Tabel 11.



Gambar 3. Data Aktual dan Data Hasil Peramalan
Sumber: Data olahan

Tabel 11. Data Hasil Peramalan Minyak Mentah Indonesia

No	Bulan	Hasil peramalan
1	Dec-24	95,37
2	Jan-25	98,07
3	Feb-25	101,07
4	Mar-25	104,93
5	Apr-25	108,73
6	May-25	98,32
7	Jun-25	100,13
8	Jul-25	102,95
9	Aug-25	98,06
10	Sep-25	91,89
11	Oct-25	94,47
12	Nov-25	91,78

Sumber: Data olahan

Kesimpulan

Harga minyak mentah Indonesia (ICP) mengalami fluktuasi harga yang dinamis selama periode 2016 – 2024 yang disebabkan oleh beberapa faktor. Namun, hal ini paling banyak disebabkan oleh perkembangan harga minyak dunia di mana harga minyak dunia dipengaruhi oleh kondisi geopolitik global serta permintaan dan ketersediaan pasokan minyak dunia [29]. Hasil penelitian menunjukkan model TGARCH (1,2) merupakan model terbaik dalam menjelaskan volatilitas harga minyak mentah Indonesia (ICP). Model ini telah memenuhi kriteria pemilihan model terbaik diantara kandidat model lainnya. Model ini termasuk dalam kategori sangat akurat karena nilai MAPE pada analisis peramalan berada di bawah 10% yaitu 6,7%. Volatilitas minyak mentah (ICP) cenderung fluktuatif dan bergerak dalam rata-rata dan 2 kali standar deviasinya. Peramalan harga minyak mentah Indonesia (ICP) menunjukkan tren yang menurun dari Desember 2024 - November 2025. Hal ini menandakan bahwa tren menurun akan terus berlangsung selama tahun 2025 melanjutkan tren penurunan sebelumnya yang telah terjadi selama dua tahun terakhir. Penurunan harga minyak mentah dapat memengaruhi asumsi ICP dalam RAPBN 2025, dengan dampak signifikan pada pendapatan negara, belanja negara, defisit, dan pembiayaan anggaran. Jika ICP lebih tinggi dari asumsi, APBN mendapat keuntungan, tetapi jika lebih rendah, pendapatan negara, termasuk PPh migas dan PNBP SDA migas, berkurang. Dalam analisis sensitivitas Kementerian Keuangan, penurunan ICP sebesar US\$1 dapat menurunkan pendapatan negara hingga Rp3,2 triliun dan PNBP Rp1,9 triliun. Di sisi belanja, perubahan ICP memengaruhi subsidi energi, DBH migas, serta anggaran pendidikan dan kesehatan. Namun, penurunan ICP juga membawa manfaat

seperti pengurangan harga BBM, biaya produksi, dan inflasi, yang meningkatkan daya saing ekspor dan mendorong potensi penurunan suku bunga oleh BI, memberikan dampak positif pada sektor manufaktur, transportasi, dan properti.

Referensi

- [1] I. Kholiq, "Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM," *Jurnal IPTEK*, vol. 19, no. 2, pp. 75-91, 2015, doi: 10.31284/j.ipitek.2015.v19i2.12.
- [2] N. B. Santoso, "Pemanfaatan LNG Sebagai Sumber Energi di Indonesia," *J. Rekayasa Proses*, vol. 8, no. 1, pp. 33-39, 2014, doi: 10.22146/jrekpros.5021.
- [3] A. N. Rachmat, "Indonesia dalam Pusaran Politik Energi Global," *Indones. Perspect.*, vol. 3, no. 1, pp. 66-78, 2018, doi: 10.14710/ip.v3i1.20179.
- [4] A. A. Pramesthi, D. L. Hutajulu, N. Z. Putri, and F. Kartiasih, "Analisis Pengaruh Harga Minyak Mentah dan Nilai Tukar terhadap Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) di Indonesia," *J. Ekon. Bisnis, Manaj. dan Akunt.*, vol. 4, no. 1, pp. 257-269, 2024, doi: 10.47709/jebma.v4i1.3451.
- [5] D. A. Septiawan, R. R. Hidayat, and S. Sulasmiyati, "Pengaruh Harga Minyak Dunia, Inflasi, dan Nilai Tukar Terhadap (Studi Pada Tahun 2007-2014)," *J. Adm. Bisnis (JAB)|Vol.*, vol. 40, no. 2, pp. 130-138, 2016, doi: 10.15294/edaj.v5i4.22184.
- [6] Y. K. Dalimunthe and C. Rosyidan, "Keterkaitan Harga Minyak Indonesia Dengan Harga Minyak Dunia Melalui Koefisien Korelasi," *PETROJurnal Ilm. Tek. Perminyakan*, vol. 5, no. 1, pp. 22-27, 2018, doi: 10.25105/petro.v5i1.1980.
- [7] A. K. Rahma, Q. Z. Abidin, J. K. Prasetyo, B. Larasati, D. Amelia, and N. Chamidah, "Prediction of Crude Oil Prices in Indonesia Using Fourier Series Estimator and Arima Method," *BAREKENG J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 18, no. 3, pp. 1673-1682, 2024, doi: 10.30598/barekengvol18iss3pp1673-1682.
- [8] L. F. Arifah, M. Basorudin, M. A. Majid, M. Choirunnisa, and P. L. Eltheofany S, "Studi Empiris Pengaruh Harga Minyak Mentah Dunia Dan Variabel Moneter Terhadap Perekonomian Indonesia Periode 1996-2018," *J. Ekon.*, vol. 10, no. 1, p. 23, 2020, doi: 10.35448/jequ.v10i1.8577.
- [9] B. Kang, C. S. Nikitopoulos, and M. Prokopczuk, "Economic determinants of oil futures volatility: A term structure perspective," *Energy Econ.*, vol. 88, p. 104743, 2020, doi: 10.1016/j.eneco.2020.104743.
- [10] R. Yunita and Y. Yeniwati, "Pengaruh Fluktuasi Harga Minyak Dunia Terhadap Variabel Makro Ekonomi Indonesia," *J. Kaji. Ekon. dan Pembang.*, vol. 3, no. 4, p. 81, 2021, doi: 10.24036/jkep.v3i4.12382.
- [11] R. F. Engle, "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity With Estimates of The Variances of United Kingdom Inflation," *Econometrica*, vol. 50, no. 4, pp. 987-1008, 1982. doi: 10.2307/1912773.
- [12] T. Bollerslev, "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity," *Journal of Econometrics*, vol. 31, no. 3, pp. 307-327, 1986, doi: 10.1016/0304-4076(86)90063-1.
- [13] A. Charles and O. Darné, "Volatility persistence in crude oil markets," *Energy Policy*, vol. 65, pp. 729-742, 2014, doi: 10.1016/j.enpol.2013.10.042.
- [14] J. M. Zakoian, "Threshold heteroskedastic models," *J. Econ. Dyn. Control*, vol. 18, no. 5, pp. 931-955, 1994, doi: 10.1016/0165-1889(94)90039-6.
- [15] D. A. Anggraini, S. Wahyuningsih, and M. Siringoringo, "Peramalan Harga Minyak Mentah Indonesia Jenis Sepinggan Yakin Mix Menggunakan Model Hybrid Autoregressive Integrated Moving Average - Neural Network," *J. Ris. Pembang.*, vol. 5, no. 2, pp. 105-118, 2023, doi: 10.36087/jrp.v5i2.138.
- [16] R. Dirgantari, "Prediksi Harga Minyak Mentah Indonesia Menggunakan Model Smooth Transition Autoregressive (STAR) dan Model Autoregressive Moving Average (ARMA)," no. 1112094000016, 2018.
- [17] D. A. Ferryman, P. K. Intan, and M. Hafiyusholeh, "Peramalan Harga Minyak Mentah di Indonesia dengan Metode Regresi Polinomial," *J. Ilm. Mat. Dan Terap.*, vol. 19, no. 1, pp. 13-18, 2022, doi: 10.22487/2540766x.2022.v19.i1.15779.
- [18] D. Fakhriyana, A. Hoyyi, and T. Widiari, "PERBANDINGAN MODEL ARCH/GARCH MODEL ARIMA DAN MODEL FUNGSI TRANSFER (Studi Kasus Indeks Harga Saham Gabungan dan Harga Minyak Mentah Dunia Tahun 2013 sampai 2015)," *J. Gaussian*, vol. 5, no. 4, pp. 633-640, 2016, doi: 10.14710/j.gauss.5.4.633-640.
- [19] M. Glantz and R. Kissell, "Price Volatility," *Multi-Asset Risk Model*, pp. 119-154, 2014, doi: 10.1016/b978-0-12-401690-3.00004-4.
- [20] D. B. Nelson, "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach," *Econometrica*, Vol. 59, no. 2, pp. 347-370, 1991, doi: 10.2307/2938260.
- [21] W. Hongwiengjan and D. Thongtha, "An analytical approximation of option prices via TGARCH model," *Econ. Res. Istraz.*, vol. 34, no. 1, pp. 948-969, 2021, doi: 10.1080/1331677X.2020.1805636.
- [22] L. Fan and H. Li, "Volatility analysis and forecasting models of crude oil prices: A review," *Int. J. Glob. Energy Issues*, vol. 38,

no. 1–3, pp. 5–17, 2015, doi: 10.1504/IJGEL.2015.069481.

- [23] R. R. Ramadhan and D. A. Maulana, “Peramalan harga Minyak Mentah Jenis West Texas Intermediate Menggunakan Geometric Brownian Motion Termodifikasi Kalman Filter,” *J. Ilm. Mat.*, vol. 12, no. 3, pp. 558–568, 2024, doi: 10.26740/mathunesa.
- [24] Adam Zain and Tyas Danarti Hascaryani, “Spillover Volatilitas Harga Minyak Dunia Pada Pasar Modal Indonesia Periode Tahun 2017-2022,” *Contemp. Stud. Econ. Financ. Bank.*, vol. 2, no. 3, pp. 419–430, 2023, doi: 10.21776/csefb.2023.02.3.06.
- [25] A. Nyangarika, A. Mikhaylov, and U. H. Richter, “Oil price factors: Forecasting on the base of modified auto-regressive integrated moving average model,” *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 9, no. 1, pp. 149–159, 2019, doi: 10.32479/ijep.6812.
- [26] M. Y. G. Fitriadi, T. Novianti, and A. Rifin, “Volatilitas Harga Bawang Putih Indonesia,” *J. Ekon. Pertan. dan Agribisnis*, vol. 7, no. 3, p. 1201, 2023, doi: 10.21776/ub.jepa.2023.007.03.25.
- [27] C. Zhao, R. Han, and H. Liu, “Comparative Analysis of Stock Indexes Based on GARCH Family Model under GED Distribution,” no. 2021, 2023, doi: 10.4108/eai.26-5-2023.2334463.
- [28] H. A. Khoiri, *Analisis Deret Waktu Univariat*. UNIPMA Press, 2023.
- [29] Lisnawati, “Dampak Penurunan Harga Minyak terhadap Perekonomian Indonesia,” *Ekon. dan Kebijak. Publik*, vol. VIII, no. 02, pp. 13–16, 2016, [Online]. Available: http://berkas.dpr.go.id/puslit/files/info_singkat/Info_Singkat-VIII-2-II-P3DI-Januari-2016-77.pdf