

DAMPAK PENGEMBANGAN *BIOFUELS* TERHADAP VOLATILITAS HARGA BEBERAPA KOMODITAS PANGAN DI PASAR DUNIA

The Impact of Biofuels Development on Price Volatility of Some Foods Commodities in the World Markets

Fathimah Sholihah*, Nunung Kusnadi

Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor
Jln. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia
*Korespondensi penulis. E-mail : fathsholihah@gmail.com

Diterima: 14 Januari 2019

Direvisi: 30 Januari 2019

Disetujui terbit: 6 September 2019

ABSTRACT

Agricultural product based biofuels are the connecting points of the linkages between the global agricultural commodity, energy, and financial markets. Since the global energy markets and financial markets are volatile in nature, rapid expansion of biofuels industry results in increasing volatility of agricultural commodity prices, particularly food prices. The aims of this research is to review price volatility of some food commodities (wheat, corn and soybean) in the world markets and to analyze the impact of global biofuels development on the price volatility. The price volatility is analyzed using the ARIMA and ARCH GARCH methods. The results show that prices of food commodities have been more volatile since the United States of America imposed the Renewable Fuel Standard Mandate-2 policy in 2007. The Corn and soybean price volatilities are higher than rice and wheat. The stronger are their linkages with biofuels development, the higher are their price volatilities. Increasing food price volatility and level should be considered as challenges and opportunities for accelerating food production growth through technological innovation and land expansion toward the achievement food self-sufficiency such that the national food security system is resilient against global market disturbances.

Keywords: *ARCH, biofuels, food, GARCH, prices, volatility*

ABSTRAK

Biofuels berbahan baku hasil pertanian menjadi komoditas penghubung antara pasar komoditas pertanian dengan pasar energi, dan selanjutnya dengan pasar finansial dunia. Oleh karena pasar energi dan pasar finansial dunia rentan gejolak maka pengembangan *biofuel* secara besar-besaran berdampak pada peningkatan volatilitas harga komoditas pertanian, utamanya komoditas pangan pokok. Penelitian bertujuan untuk meninjau volatilitas harga jagung, gandum, beras, dan kedelai di pasar dunia serta untuk menganalisis dampak pengembangan *biofuels* terhadap volatilitas harga tersebut. Analisis volatilitas harga dilakukan dengan metode ARIMA dan ARCH GARCH. Penelitian menunjukkan bahwa harga komoditas pangan lebih volatil setelah Amerika Serikat menerapkan kebijakan *Renewable Fuels Standard Mandate-2* tahun 2007. Volatilitas harga jagung dan kedelai lebih tinggi daripada beras dan gandum. Semakin besar keterkaitan komoditas dengan pengembangan *biofuels* maka semakin besar pula volatilitas harga komoditas tersebut. Peningkatan volatilitas dan level harga tersebut dapat dipandang sebagai tantangan dan peluang untuk memacu peningkatan produksi pangan melalui pengembangan teknologi dan ekstensifikasi lahan pertanian guna meningkatkan kemandirian pangan sehingga sistem ketahanan pangan nasional lebih tahan menghadapi gejolak pasar global.

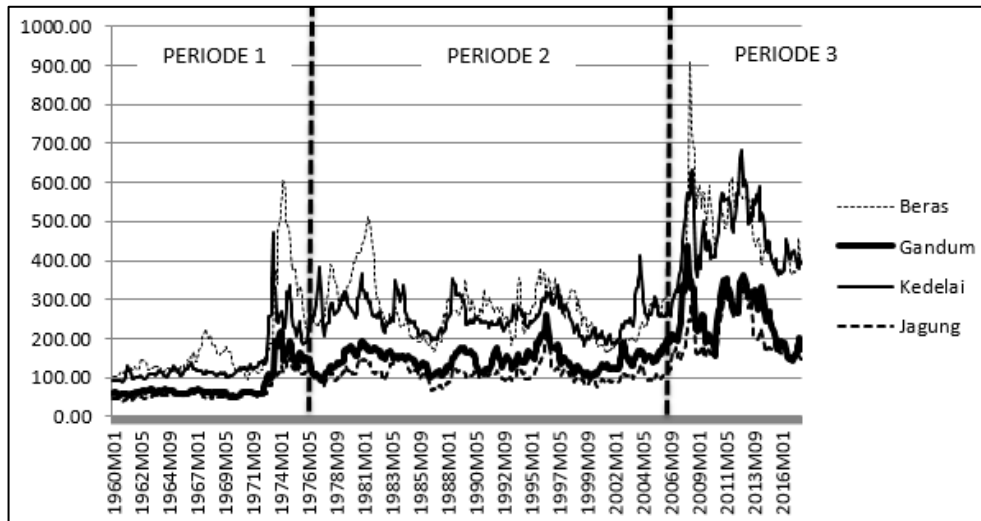
Kata kunci: *ARCH, biofuels, GARCH, harga, pangan, volatilitas*

PENDAHULUAN

Pangan merupakan suatu isu yang sangat penting untuk dibahas oleh setiap negara. Ketersediaan akan pangan selalu dituntut, bukan hanya keberadaan bahan pangan tersebut, namun juga tingkat harganya serta kemampuan masyarakat untuk menjangkaunya. Lonjakan harga yang tinggi pada pangan selalu memberikan dampak negatif yang sangat besar bagi seluruh negara di dunia. Krisis pangan dunia yang terjadi tahun 1973 dan

2008 merupakan peristiwa besar yang menguncang harga pangan dunia. Hal ini berdampak pada meningkatnya angka gizi buruk dunia menjadi 1 miliar jiwa (FAO 2008) dan banyak masyarakat miskin yang mengurangi konsumsi pangan sampai 20% (ODI 2008).

Harga pangan dunia seringkali mengalami guncangan. Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa terdapat empat komoditas pangan dunia yakni beras, gandum, kedelai, dan jagung yang memiliki tingkat harga yang sangat tidak stabil dari waktu ke



Sumber: World Bank 2017

Gambar 1. Grafik fluktuasi harga pangan dunia tahun 1960 – 2017 dalam tiga periode

waktu. Peristiwa krisis tahun 1973 dan 2008 diperlihatkan dengan puncak-puncak grafik yang lebih tinggi, harga pangan dunia saat itu melonjak jauh lebih tinggi dari pada harga sebelum ataupun sesudahnya. Untuk membandingkan antara kedua krisis, gambar tersebut dibagi dalam tiga periode yang berbeda, yakni periode 1 dalam rentang Januari 1960 sampai Juli 1975 sebagai periode terjadinya krisis pangan 1973, periode 2 pada rentang Agustus 1975 sampai Agustus 2007 sebagai periode tidak terjadinya krisis dan periode ke-3 yakni September 2007 sampai September 2017 dengan adanya krisis pangan tahun 2008. Pada periode 3 yakni periode terjadinya krisis pangan 2008 memiliki pola fluktuasi harga yang lebih tinggi dari periode sebelumnya termasuk periode krisis pangan tahun 1973.

Terdapat beberapa kesamaan faktor yang menjadi penyebab krisis pangan tahun 1973 dan tahun 2008 yakni bencana alam, meningkatnya harga bahan bakar diikuti meningkatnya biaya baik dalam produksi maupun transportasi serta adanya pembatasan ekspor yang dilakukan oleh negara-negara pengekspor komoditas pangan (FAO 2008). Namun, ada faktor lain yang diduga menjadi penyebab lonjakan harga pada krisis tahun 2008 menjadi jauh lebih tinggi dari krisis tahun 1973, faktor tersebut adalah adanya pengembangan *biofuels* yang menyumbang sekitar 70% sampai 75% peningkatan harga pangan dunia (Mitchell 2008).

Pengembangan *biofuels* dilakukan sebagai upaya untuk mengalihkan penggunaan minyak mentah sebagai sumber energi ke penggunaan sumber energi terbarukan, namun upaya ini justru

menyebabkan terjadinya peningkatan permintaan komoditas pertanian sebagai bahan baku *biofuels* dan tentunya berdampak pada meningkatnya harga pangan dunia (Wiggins dan Levy 2008; Timmer 2008 ; EC 2008), peningkatan harga yang terjadi berkisar antara 16% sampai 171% (Sihvonen 2017).

Biofuels berbahan baku hasil pertanian menjadi komoditas penghubung antara pasar komoditas pertanian dengan pasar energi, dan selanjutnya dengan pasar finansial dunia. Oleh karena pasar energi dan pasar finansial dunia rentan gejolak maka pengembangan *biofuel* secara besar-besaran berdampak pada peningkatan volatilitas harga komoditas pertanian, utamanya komoditas pangan pokok.

Biofuels ditujukan sebagai substitusi bagi minyak mentah, namun di sisi lain minyak mentah merupakan input penting dalam sektor pertanian. Keterkaitan antarkeduanya terjadi melalui mekanisme transmisi harga (Wei dan Chen 2016) maupun mekanisme kointegrasi atau keterkaitan harga dalam jangka panjang (Harri et al. 2009).

Lebih jauh lagi, minyak mentah yang harganya sudah sangat volatil berdampak pada beberapa komoditas pertanian yang juga ikut volatil karena pengembangan *biofuels* (Malins 2017). Penelitian tersebut juga semakin dikuatkan dengan ditemukan adanya transmisi volatilitas dari minyak mentah ke komoditas pertanian (Saghaian et al. 2018; Kumar 2017; Bergmann et al. 2016). Hal tersebut mengindikasikan bahwa harga pangan dunia akan semakin volatil bersamaan dengan terjadinya gejolak harga minyak mentah dunia dan peningkatan produksi *biofuels*.

Ekspansi komoditas pangan untuk dijadikan bahan baku *biofuels* dapat menyebabkan lonjakan harga pangan. Tabel 1 merupakan hasil prediksi mengenai perubahan harga yang terjadi pada komoditas pangan apabila dilakukan ekspansi untuk bahan baku *biofuels*. Berdasarkan tabel tersebut ekspansi yang berlebihan pada komoditas pangan dapat meningkatkan harga komoditas tersebut, bahkan untuk jagung, ekspansi yang berlebihan dapat menyebabkan peningkatan harga mencapai 71,8%.

Tabel 1. Persentase prediksi perubahan harga pada bahan baku *biofuels*, 2020

Komoditas	Ekspansi <i>biofuels</i>	Ekspansi drastis <i>biofuels</i>
Singkong	11,2	26,7
Jagung	26,3	71,8
Gula	11,5	26,6
Gandum	8,3	20,0

Sumber: IFRI *impact projections 2007*

Salah satu negara yang melakukan pengembangan *biofuels* terbesar di dunia adalah Amerika Serikat (AS). Melalui kebijakan *Renewable Fuels Standard* (RFS) sejak tahun 2007, AS membuat target produksi *biofuels* setiap tahunnya yang terus meningkat dan direncanakan sampai tahun 2022 yakni mencapai 36 miliar gallon per tahun. Bahan baku utama yang digunakan oleh AS adalah jagung, yang berdasarkan Tabel 1 akan mengalami peningkatan harga yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan komoditas lain sebagai bahan baku *biofuels*. AS merupakan Negara yang memproduksi sepertiga jagung dunia dan eksportir dua per tiga jagung dunia, saat ini sebanyak 37,9% total *supply* jagung AS digunakan sebagai bahan baku *biofuels* (USDA 2018).

Pengembangan *biofuels* di AS akan memengaruhi harga jagung dunia. Lonjakan harga jagung dunia yang terjadi di tahun 2008 sebagai tahun awal dikembangkannya *biofuels*, disebabkan oleh penurunan jumlah ekspor jagung dari AS sebanyak 588 juta bushels (1 bushels setara dengan 27 kg jagung), begitu juga dengan tahun 2012 saat harga jagung dunia kembali melonjak karena produksi jagung AS menurun (USDA 2015). Harga jagung di AS menjadi acuan bagi harga jagung dunia oleh World Bank, karena AS merupakan negara yang berpengaruh besar terhadap *supply* jagung dunia serta perdagangan jagung dunia itu sendiri.

Hal tersebut akan menyebabkan pengembangan *biofuels* di AS akan memberikan dampak pada harga jagung dunia. Misalnya saja, dalam

krisis pangan tahun 2008, faktor pengembangan *biofuels* menyumbang 23% dari peningkatan harga jagung (Hochman et al. 2012), begitu juga dengan tahun 2012 pengembangan *biofuels* menyumbang sebesar 40% sebagai penyebab lonjakan harga jagung (Carter et al. 2018).

Selain peningkatan harga jagung, pengembangan *biofuels* juga memengaruhi harga komoditas pangan lainnya. Permintaan yang besar akan jagung membuat adanya pengalihan lahan dari tanaman kedelai ke tanaman jagung, hal ini berdampak pada meningkatnya harga kedelai. Struktur harga komoditas pangan di AS berubah menjadi lebih tinggi, termasuk komoditas gandum yang sebenarnya tidak terlibat langsung dengan pengembangan *biofuels*. Gandum merupakan substitusi jagung untuk pakan. Berdasarkan data terkait pakan, setiap terjadi penurunan permintaan jagung, maka akan terjadi peningkatan permintaan gandum (Denicoff et al. 2014), hal ini tentunya juga akan diikuti oleh peningkatan harga gandum. Kedelai dan gandum juga merupakan komoditas unggulan AS di pasar global, harga di AS untuk komoditas jagung, gandum, dan kedelai dijadikan gambaran bagi harga pangan dunia.

Sementara itu, komoditas lainnya yang juga tidak terlibat dalam pengembangan *biofuels* namun mengalami lonjakan harga saat krisis adalah beras, bahkan di negara produsen terbesar beras yakni Thailand meningkat mencapai 100% (Dawe dan Slayton 2010). Lonjakan pada harga pangan berkaitan dengan pengembangan *biofuels*, setiap peningkatan 100% pada produksi *biofuels* maka akan diikuti oleh peningkatan harga komoditas pangan sebesar 21,9% (Pangani et al. 2018).

Guncangan pasar direfleksikan oleh volatilitas harga. Analisis volatilitas dapat dijadikan alat untuk melihat standar penyimpangan harga pangan selama periode tertentu. Untuk mengkaji tingkat volatilitas harga dan melihat sejauh mana pengembangan *biofuels* memengaruhi harga pangan dunia, akan dilakukan perbandingan analisis volatilitas antara komoditas yang berkaitan langsung dengan pengembangan *biofuels* yakni jagung dan kedelai, serta komoditas yang tidak berkaitan langsung dengan pengembangan *biofuels* yakni beras dan gandum, kemudian dibandingkan pula dalam tiga periode. Analisis ini berguna untuk menyusun sejumlah kebijakan dalam rangka mengupayakan ketersediaan dan keterjangkauan harga pangan terutama bagi negara-negara yang memiliki keterkaitan yang besar pada perdagangan komoditas pangan di pasar global.

METODE PENELITIAN

Kerangka Pemikiran

Titik keseimbangan pasar ditentukan oleh perpotongan antara kurva permintaan dan kurva penawaran yang juga merupakan salah satu teori sederhana yang dapat menjelaskan fenomena volatilitas harga. Pada titik keseimbangan tersebut terbentuk harga yang menyamakan antara kuantitas yang ditawarkan dengan kuantitas yang diminta. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

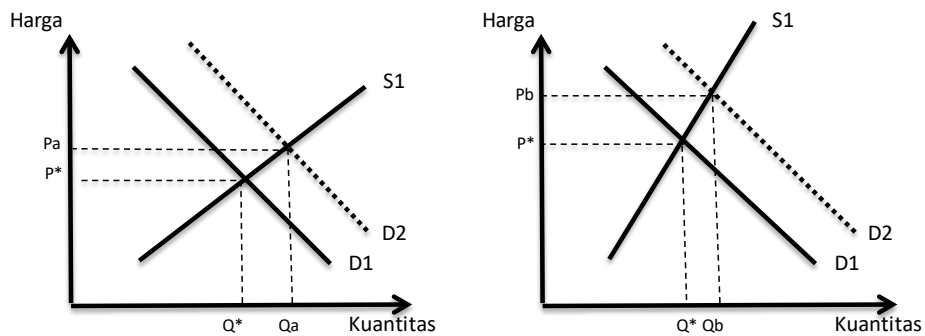
$$Q^d (P^e) = Q^s (P^e)$$

Jika Q^d merupakan kuantitas yang diminta dan Q^s merupakan kuantitas yang ditawarkan maka nantinya akan terbentuk harga yang sama atau harga pada titik keseimbangan yakni P^e . Harga keseimbangan ini ditentukan berbagai faktor yang mampu menggeser kurva permintaan dan kurva penawaran. Terdapat beberapa hal yang dapat menggeser kurva penawaran yakni harga bahan baku, peraturan pemerintah dan teknologi, sementara faktor seperti pendapatan, populasi, harga barang terkait dan selera konsumen merupakan faktor yang menggeser kurva permintaan (Baye dan Prince 2016).

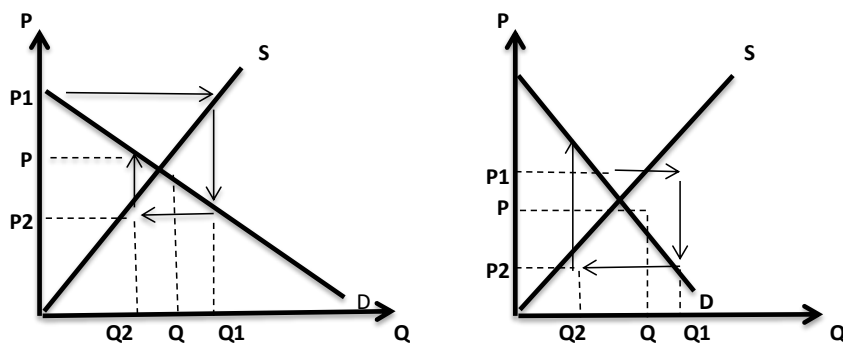
Pengembangan *biofuels* merupakan fenomena yang mampu menggeser kurva permintaan (Gambar 2). Secara teoritik pengembangan *biofuels* akan meningkatkan permintaan terhadap komoditas pertanian sebagai bahan baku *biofuels*. Melalui Gambar 2, peningkatan permintaan tersebut dijelaskan dengan adanya pergeseran kurva $D1$ menjadi $D2$. Namun, pada kedua kurva tersebut, pergeseran kurva $D1$ menjadi $D2$ menghasilkan tingkat harga yang berbeda.

Penyebab kedua kurva tersebut menghasilkan harga yang berbeda adalah karena kurva a dan kurva b memiliki tingkat elastisitas *supply* yang berbeda. Kurva a (Gambar 2a) memiliki kurva *supply* yang elastis sehingga pergeseran kurva *demand* akan membuat peningkatan harga yang tidak jauh berbeda dengan harga ekuilibrium sebelumnya. Berbeda dengan kurva b (Gambar 2b) yang memiliki kurva *supply* yang inelastis, pergeseran kurva *demand* akan menyebabkan peningkatan harga yang jauh lebih besar dari harga ekuilibrium sebelumnya. Komoditas pangan merupakan komoditas yang memiliki kurva *supply* yang inelastis sehingga berlaku peningkatan harga seperti pada kurva b, yakni jika kurva *demand* bergeser maka akan terbentuk peningkatan harga yang jauh lebih besar dari sebelumnya.

Selain melalui teori ekuilibrium pasar, fenomena volatilitas juga dapat dijelaskan melalui teori Cobweb. Teori ini merupakan teori yang menjelas-



Gambar 2. Pergeseran kurva permintaan (a) *supply* elastis (b) *supply* inelastis



Gambar 3. Kurva Cobweb (a) *convergent* model (b) *divergent* model

kan mengenai keterkaitan hubungan antara harga dan kuantitas suatu komoditas. Keterkaitan antara keduanya terjadi karena adanya lag waktu yang terjadi antara keputusan berproduksi dengan kondisi ketika komoditas tersebut siap untuk dijual (Tomek dan Robinson 1981).

Terdapat beberapa siklus dari model kurva Cobweb di antaranya siklus *convergent* dan *divergent*. Siklus *convergent* terjadi ketika elastisitas *demand* lebih besar dari elastisitas *supply*, hal ini menyebabkan *path cyclus* yang terbentuk akan semakin mengerucut ke dalam (Gambar 3a). Hal ini berbanding terbalik dengan siklus *divergent* yang memiliki elastisitas *demand* yang lebih kecil dari elastisitas *supply* sehingga *path cyclus* bergerak seolah membesar ke arah luar (Gambar 3b). Pergerakan harga yang terus terjadi ini menjelaskan volatilitas yang merupakan kecenderungan suatu harga untuk berubah-ubah antar periode waktu.

Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data *time series* bulanan yang meliputi harga beras, jagung, gandum, dan kedelai, sejak Januari 1960–September 2017 yang didapatkan melalui internet yakni *Pink Sheet Data World Bank*. Data harga jagung, gandum, dan kedelai mengacu pada harga di AS sementara harga beras mengacu pada harga Thailand.

Analisis Data

Analisis volatilitas harga pangan dalam penelitian ini menggunakan model ARCH GARCH yang diolah menggunakan *software Eviews 9*. Konsep volatilitas menggunakan varians dan standar deviasi untuk mengetahui seberapa cepat data berubah-ubah.

Pada umumnya, data *time series* memiliki kecenderungan varians yang konstan dari waktu ke waktu (homoskedastisitas). Namun, fenomena volatilitas justru ditandai dengan adanya gejala heteroskedastisitas atau varians yang berubah-ubah dan tidak menentu dari waktu ke waktu. Terkadang sebuah data memiliki volatilitas yang sangat tinggi namun pada titik berikutnya memiliki volatilitas yang sangat rendah.

Terdapat beberapa tahap dalam melakukan analisis volatilitas yakni:

Identifikasi Efek ARCH

Tahap ini merupakan tahap untuk menguji apakah data pada keempat komoditas pangan tersebut mengandung heteroskedastisitas sebagai tanda adanya efek ARCH. Cara yang dapat

dilakukan adalah melalui correlogram. Jika nilai *Autocorrelation Function* (ACF) tidak mendekati nol maka data dikatakan tidak stasioner atau mengandung heteroskedastisitas (Widarjono 2013). Selain correlogram, dapat pula melalui nilai kurtosis data, yakni apabila nilai kurtosis lebih dari 3 maka data tersebut mengandung gejala heteroskedastisitas (Firdaus 2011).

Estimasi Model

Tahap ini diawali dengan memilih model terbaik. Pertama dengan mengestimasi model menggunakan metodologi *Box Jenkins* untuk mencari model ARIMA terbaik selanjutnya dilakukan estimasi model untuk mendapatkan model ARCH GARCH terbaik.

a. Estimasi ARIMA terbaik

1. Uji Stasioneritas Data

Uji ini dapat dilakukan dengan *Augmented Dickey-Fuller Test*. Jika nilai mutlak ADF test kurang dari critical value, maka dapat dikatakan data harga komoditas pangan tidak stasioner, dan sebaliknya jika sudah lebih dari *critical value* maka data sudah stasioner. Apabila data belum stasioner maka dapat dilakukan *differencing*, sampai data tersebut memenuhi kriteria stasioner.

2. Penentuan Model ARIMA terbaik

Penentuan model ARIMA terbaik dilakukan secara tentatif dengan menentukan orde AR (p), MA (q) dan d yang merupakan banyaknya *differencing* yang dilakukan. Sehingga terbentuklah model ARIMA (p,d,q). Beberapa model perlu dilihat untuk mendapatkan model terbaik. Model terbaik ditentukan dengan kriteria sebagai berikut : memiliki nilai *Akaike Info Criterion* (AIC), *Schwartz Criterion* (SC) dan *Sum Square Resid* (SSE) terkecil serta memiliki nilai *Adjusted R-Square* terbesar.

b. Estimasi ARCH GARCH terbaik

Setelah mendapatkan model ARIMA terbaik, dilakukan identifikasi keberadaan efek ARCH dengan melakukan uji ARCH LM. Apabila probabilitas F statistik kurang dari 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa data mengandung efek ARCH. Data yang mengandung efek ARCH dapat digunakan untuk mengestimasi model ARCH GARCH terbaik.

Model ARCH GARCH terbaik juga dilakukan dengan tentatif. Adapun kriteria yang digunakan adalah memiliki nilai AIC terendah, memiliki koefisien yang signifikan, jumlah nilai koefisiennya tidak lebih dari 1 dan tidak bernilai negatif, memiliki nilai *sum square resid* terkecil serta nilai log *likelihood* terbesar.

Evaluasi Model

Perlu dilakukan beberapa pengujian untuk membuktikan bahwa model sudah cukup memadai, yakni:

a. Normalitas Error

Dengan melakukan uji Jarque Bera. Uji ini memiliki sebuah kriteria yakni error harus terdistribusi normal. Apabila p-value > alfa maka error dapat dikatakan menyebar normal.

b. Keacakan Residual

Untuk mengetahui keacakan residual maka dilakukan uji statistic Ljung-Box, dengan kriteria tidak ada autokorelasi. Apabila p-value > alfa maka ACF residual kuadrat pada 15 lag pertama dinyatakan tidak signifikan.

c. Efek ARCH

Untuk mengetahui ada atau tidaknya efek ARCH maka dilakukan Uji ARCH LM. Apabila nilai p-value > dari alfa maka dikatakan sudah tidak terdapat efek ARCH, yang berarti model yang dibangun sudah memadai.

Perhitungan Nilai Varians Harga

Tahap terakhir adalah dengan peramalan menggunakan model ARCH GARCH terbaik untuk mengestimasi volatilitas dari setiap harga pangan yang diujikan. Tahap ini dilakukan dengan memasukkan parameter ke dalam persamaan yang diperoleh.

Peramalan model ARCH

$$\sigma^2_t = \alpha_0 + \alpha_1 e^2_{t-1} + \alpha^2 e^2_{t-2} + \dots + \alpha_p e^2_{t-p}$$

Peramalan model GARCH

$$\sigma^2_t = \alpha_0 + \alpha_1 e^2_{t-1} + \alpha^2 e^2_{t-2} + \dots + \alpha_p e^2_{t-p} + \lambda_1 \sigma^2_{t-1} + \dots + \lambda_q \sigma^2_{t-q}$$

Keterangan:

- σ^2_t = varians pada waktu ke t
- α_0 = variabel yang konstan
- e^2_{t-p} = volatilitas harga pangan periode sebelumnya (ARCH)

σ^2_{t-q} = varians residual pada periode sebelumnya (GARCH)

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_p$ = koefisien orde p yang diestimasi

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_q$ = koefisien orde q yang diestimasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Model

Syarat utama untuk membangun model ARCH GARCH adalah data harus mengandung masalah heteroskedastisitas. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menguji ada atau tidaknya masalah heteroskedastisitas pada data. *Pertama* melalui pola variabel gangguan kuadrat melalui *Correlogram*. Jika nilai *Autocorrelation Function* (ACF) tidak mendekati nol pada 15 lag pertama, maka data tersebut mengandung masalah heteroskedastisitas. *Kedua* adalah dengan melihat nilai kurtosis data, masalah heteroskedastisitas ditandai dengan nilai kurtosis yang lebih dari tiga yang berarti kurva yang terbentuk akan lebih runcing dari kurva normal.

Tabel 2 merupakan hasil uji correlogram dan uji kutosis pada keempat komoditas pangan yang diuji. Berdasarkan dua uji yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa harga beras, gandum, jagung, dan kedelai mengandung masalah heteroskedastisitas.

Estimasi Model

a. Estimasi ARIMA terbaik

Langkah pertama untuk mendapatkan model ARIMA terbaik adalah dengan melakukan uji stasioneritas dengan menggunakan *Augmented Dickey Fuller Test* (ADF Test). Apabila nilai mutlak t statistic ADF Test lebih besar dari *critical value* maka data dikatakan sudah stasioner, hal ini juga dapat dilihat melalui nilai probabilitas yang kurang dari taraf nyata 5%. Jika data belum stasioner maka harus dilakukan *differencing* sampai data tersebut stasioner.

Tabel 3 berikut ini merupakan ringkasan hasil ADF Test pada harga keempat komoditas pangan yang diujikan. Data harga keempat komoditas pangan yang diujikan menunjukkan

Tabel 2. Hasil uji identifikasi masalah heteroskedastisitas

Komoditas	Nilai ACF	Prob lag 1 sampai 15	Nilai kurtosis	Masalah heteroskedastisitas
Beras	Tidak mendekati nol	Signifikan	4,049663	Ada
Gandum	Tidak mendekati nol	Signifikan	4,198701	Ada
Jagung	Tidak mendekati nol	Signifikan	5,608313	Ada
Kedelai	Tidak mendekati nol	Signifikan	3,544022	Ada

nilai mutlak ADF Test yang lebih kecil dari nilai *critical value* pada data tingkat level. Sehingga diperlukan adanya *differencing* untuk membuat data menjadi stasioner. *Differencing* pertama menunjukkan bahwa nilai ADF Test sudah lebih besar dari nilai *critical value* pada setiap komoditas, sehingga data sudah dikatakan stasioner.

Tabel 3. Hasil ADF Test pada harga empat komoditas pangan dunia

Komoditas	ADF Test level	ADF Test first differencing
	T-statistik	T-statistik
Beras	-2,713*	-7,869***
Gandum	-2,454	-10,795***
Jagung	-2,362	-6,402***
Kedelai	-1,979	-6,917***

Tanda *, **, dan *** melambangkan signifikan pada taraf nyata 10% , 5%, dan 1%

Setelah dinyatakan stasioner, maka selanjutnya dapat ditentukan model ARIMA terbaik dengan cara tentatif. Model terbaik dipilih berdasarkan kriteria: *parsimonious*, koefisien signifikan, invertibilitas dan stasioneritas, konvergen, memiliki nilai AIC dan SC terkecil, memiliki nilai *standard of regression* dan *sum square residual* terkecil, memiliki nilai adj R square terbesar, serta memiliki F statistik terbesar. Berdasarkan beberapa kriteria tersebut, maka model ARIMA terbaik untuk data harga beras, gandum, jagung, dan kedelai sebagai berikut: komoditas beras adalah ARIMA (0,1,1), gandum ARIMA (0,1,1), Jagung ARIMA (2,1,2), dan kedelai ARIMA (2,1,1).

b. Estimasi ARCH GARCH terbaik

Tahap selanjutnya adalah mengestimasi model ARCH GARCH yang diawali dengan memastikan bahwa data mengandung efek ARCH melalui uji ARCH LM. Apabila probabilitas F statistik kurang dari 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa data tersebut mengandung efek ARCH. Berdasarkan hasil uji pada Tabel 4, didapatkan bahwa semua komoditas yang diteliti mengandung efek ARCH, sehingga dapat di-

pastikan bahwa estimasi model ARCH GARCH dapat dilanjutkan. Selanjutnya dalam menentukan model ARCH GARCH terbaik dilakukan dengan beberapa kriteria. Kriteria tersebut adalah memiliki koefisien yang signifikan, memiliki nilai AIC terendah, jumlah nilai koefisien tidak negatif dan tidak lebih dari 1, serta memiliki nilai *sum square resid* terkecil dan nilai *log likelihood* terbesar.

Tabel 4. Hasil uji efek ARCH pada model ARIMA terbaik

Komoditas	Model ARIMA terbaik	F statistik
Beras	ARIMA (0,1,1)	45,949*
Gandum	ARIMA (0,1,1)	6,491*
Jagung	ARIMA (2,1,2)	12,265*
Kedelai	ARIMA (2,1,1)	77,229*

Tanda ** melambangkan signifikan pada taraf nyata 5%

Berdasarkan kriteria tersebut, maka didapatkan model ARCH GARCH terbaik untuk keempat komoditas tersebut adalah sebagai berikut: beras GARCH (1,1), gandum GARCH (1,1), jagung ARCH (1,0), dan kedelai GARCH (1,2). Hasil olah data untuk model ARCH GARCH terbaik, terlampir dalam lampiran 1 sampai 4.

Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan untuk memastikan bahwa model ARCH GARCH yang terpilih sudah cukup memadai. Beberapa uji yang dilakukan untuk mengevaluasi adalah uji Jarque Berra untuk melihat apakah data sudah menyebar normal, kemudian uji L-Jung Box untuk melihat apakah data masih mengandung efek heteroskedastisitas atau tidak, serta uji ARCH LM untuk mengidentifikasi apakah masih terdapat efek ARCH pada data.

Berdasarkan Tabel 5, maka dapat disimpulkan bahwa model ARCH GARCH yang terpilih untuk setiap komoditas sudah memadai. Model sudah memenuhi syarat menyebar normal, sudah tidak mengandung efek heteroskedastisitas dan sudah tidak ditemukan efek ARCH pada model.

Tabel 5. Hasil uji pemeriksaan kecukupan model

Komoditas	Uji Jarque Berra	L Jung Bbox	Uji ARCH LM
	Nilai JB	Lag 1 - 15	Prob
Beras	44.291,15**	Tidak Signifikan	0,9938
Gandum	16.320,00**	Tidak Signifikan	0,9379
Jagung	19.358,97**	Tidak Signifikan	0,7922
Kedelai	1.578,64**	Tidak Signifikan	0,8574

Tanda ** melambangkan signifikan pada taraf nyata 5%

Persamaan Varians dari Model ARCH GARCH

Berdasarkan model ARCH GARCH yang telah terpilih, maka persamaan varians yang terbentuk dari setiap komoditas adalah sebagai berikut:

a. Beras

$$\sigma^2_t = 33,266 + 0,216 e^{2}_{t-1} + 0,705 \sigma^2_{t-1}$$

Persamaan di atas memberikan informasi bahwa varians harga beras ditentukan oleh besarnya volatilitas harga beras periode sebelumnya dan varians harga beras periode sebelumnya. Koefisien ARCH sebesar 0,216 (tidak mendekati 1) mengindikasikan beras memiliki volatilitas harga yang rendah. Sementara koefisien suku GARCH sebesar 0,705 mengindikasikan bahwa *shock varians* pada harga beras akan bertahan lama karena memiliki koefisien yang mendekati satu.

b. Gandum

$$\sigma^2_t = 0,360 + 0,241 e^{2}_{t-1} + 0,838 \sigma^2_{t-1}$$

Varians gandum dipengaruhi oleh volatilitas harga gandum periode sebelumnya dan varians harga gandum periode sebelumnya. Koefisien ARCH sebesar 0,241 mengindikasikan volatilitas gandum yang rendah serta koefisien GARCH sebesar 0,838 (tidak mendekati 1) berarti *shock varians* pada harga gandum juga akan bertahan lama.

c. Jagung

$$\sigma^2_t = 34,976 + 0,606 e^{2}_{t-1}$$

Berbeda dengan dua komoditas sebelumnya, varians jagung hanya dipengaruhi oleh volatilitas harga jagung periode sebelumnya. Namun, harga jagung menunjukkan volatilitas yang cukup tinggi yakni sebesar 0,606, hal ini terlihat melalui koefisien suku ARCH pada persamaan tersebut.

d. Kedelai

$$\sigma^2_t = 1,540 + 0,468 e^{2}_{t-1} + 0,238 \sigma^2_{t-1} + 0,439 \sigma^2_{t-2}$$

Nilai 0,468 pada koefisien suku ARCH berarti varians harga kedelai dipengaruhi oleh volatilitas harga periode sebelumnya, dengan nilai yang lebih tinggi dibandingkan komoditas beras dan gandum. Selain itu, varians juga dipengaruhi oleh varians satu dan dua periode sebelumnya, yang jika dijumlahkan adalah sebesar 0,677, yang mengindikasikan *shock varians* pada harga kedelai akan bertahan lama karena nilainya mendekati satu.

Perilaku Volatilitas Harga Menurut Periode

Perilaku volatilitas dapat dilihat melalui besarnya simpangan baku bersyarat yang dapat dilihat melalui puncak-puncak grafik yang tinggi

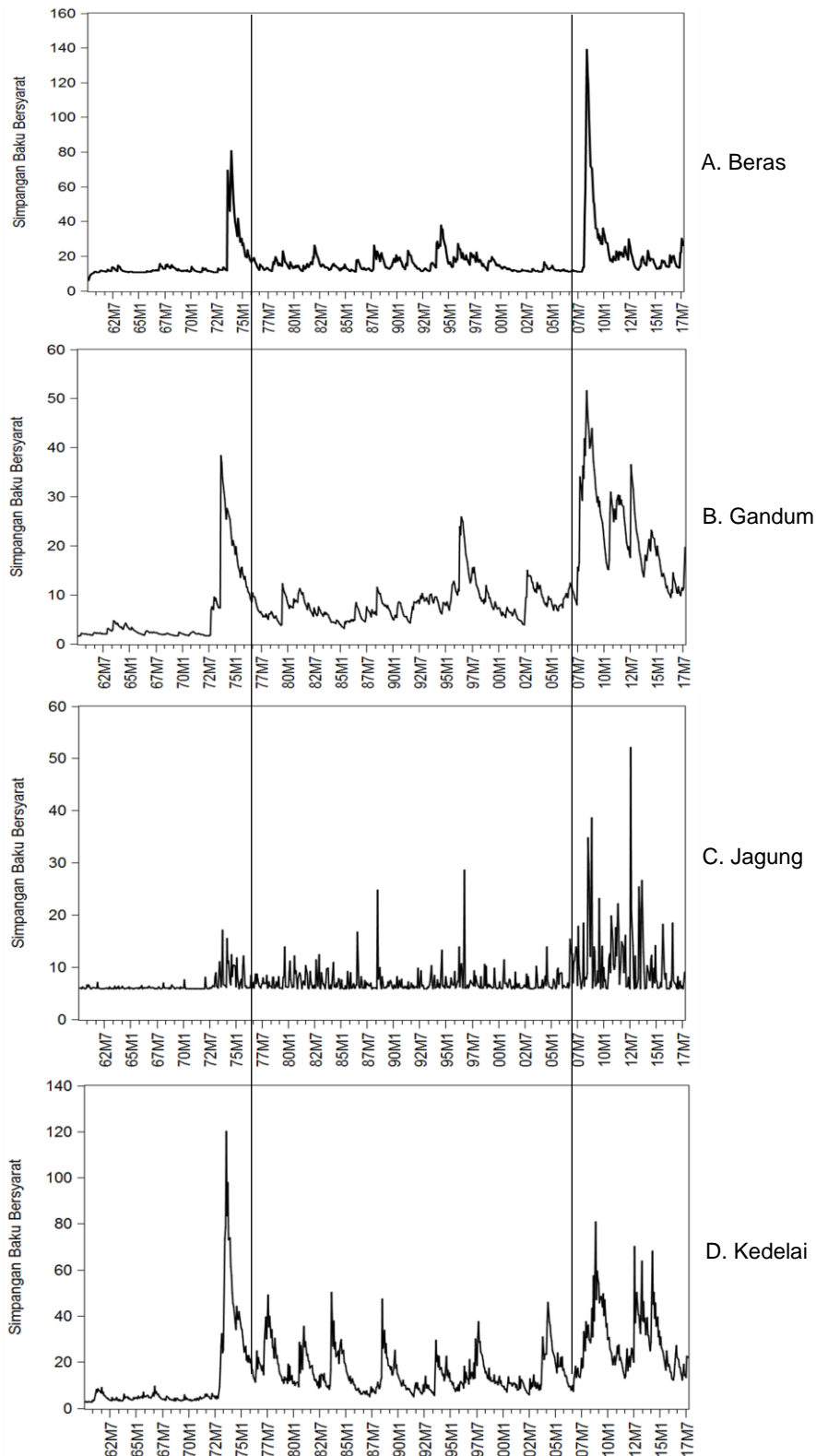
pada grafik volatilitas yang telah dibangun. Berdasarkan Gambar 4, setiap komoditas dilihat tingkat volatilitasnya pada tiga periode yang berbeda, yakni periode 1 merupakan periode dalam rentang Januari 1960 sampai Juli 1975, dengan adanya krisis pangan tahun 1973, periode 2 pada rentang Agustus 1975 sampai Agustus 2007 yakni periode tidak adanya krisis, dan periode 3 yakni adanya krisis pangan tahun 2008 dalam rentang periode September 2007 sampai September 2017

Kondisi paling tidak stabil terjadi pada periode 3 yakni adanya krisis pangan tahun 2008. Hal tersebut ditandai dengan puncak grafik yang sangat tinggi pada setiap komoditas pada awal periode. Beberapa komoditas bahkan merekam bahwa volatilitas tidak hanya terjadi saat krisis namun juga masih diteruskan saat pascakrisis, komoditas tersebut adalah gandum, jagung, dan kedelai. Keadaan ini mengindikasikan bahwa penyebab utama tingginya volatilitas memang karena krisis, namun ada faktor lain yang turut mendorong harga ketiga komoditas tersebut tetap volatil bahkan pada saat krisis telah selesai.

Jika dilihat dari komoditasnya, komoditas tersebut merupakan komoditas yang diunggulkan oleh AS yang merupakan eksportir terbesar dunia untuk ketiga komoditas. Isu pengembangan *biofuels* di AS diduga merupakan faktor yang menyebabkan volatilitas masih tinggi pada ketiga komoditas tersebut.

Pada gambar tersebut, juga tergambar dengan jelas bahwa krisis meningkatkan volatilitas. Jika krisis pangan 2008 dibandingkan dengan krisis pangan 1973, maka keduanya memiliki pola yang berbeda. Tingkat volatilitas pada tahun 1973 hanya terjadi saat krisis berlangsung, sementara pascakrisis harga kembali memiliki tingkat volatilitas yang rendah. Selain itu, pada komoditas jagung, yakni komoditas bahan baku *biofuels*, tidak terlihat adanya volatilitas yang tinggi pada krisis tahun 1973, sementara krisis tahun 2008 terlihat volatilitas yang tinggi bahkan pada pascakrisis.

Apabila hasil dalam penelitian ini dibandingkan dengan penelitian lain maka hasilnya tidak jauh berbeda. Dalam penelitian Haile et al. (2015), pengukuran nilai volatilitas pada empat komoditas pangan dilakukan dengan metode standar deviasi logaritmik. Hasilnya menunjukkan bahwa pada komoditas jagung dan gandum periode krisis 2008 digambarkan lebih tinggi dari krisis tahun 1973, sementara untuk kedelai volatilitas tahun 1973 ternyata digambarkan lebih tinggi dari tahun 2008. Sedikit perbedaan ini diduga disebabkan oleh adanya perbedaan penentuan periode dan perbedaan metode yang digunakan.



Gambar 4. Grafik volatilitas harga pangan dunia dalam tiga periode

Tabel 6 juga menunjukkan tingkat volatilitas harga, namun disajikan dalam bentuk tabel agar dapat membandingkan tinggi rendahnya volatilitas melalui angka. Tabel tersebut disajikan berdasarkan hasil output pada model ARCH GARCH

terpilih dari setiap komoditas yang juga dibagi menjadi 3 periode. Periode 3 menunjukkan bahwa setiap komoditas memiliki nilai konstanta (C) yang lebih tinggi dari periode-periode sebelumnya, artinya tanpa melihat suku ARCH dan GARCH nya

Tabel 6. Analisis volatilitas harga pangan dalam tiga periode

Komoditas	Variabel	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Total
		Koef	Koef	Koef	Koef
Beras	C	0,238	8,480***	48,376**	33,266***
	Resid(-1) ²	0,478***	0,133***	0,324***	0,216***
	Garch(-1)	0,836***	0,824***	0,653***	0,705***
Gandum	C	0,372***	17,100***	49,174**	0,360***
	Resid(-1) ²	3,188***	0,247***	0,460**	0,241***
	Garch(-1)	0,162***	0,448**	0,496***	0,838***
Jagung	C	2,847***	28,092***	191,932***	34,976***
	Resid(-1) ²	1,337***	0,243***	0,098	0,606***
Kedelai	C	0,000*	0,000***	15,913***	1,540*
	Resid(-1) ²	0,487***	0,291***	0,007***	0,468***
	Garch(-1)	0,844***	0,730***	1,962***	0,238***
	Garch(-2)	-0,192**	-0,287***	-0,985***	0,439***

Tanda *, **, dan *** melambangkan signifikan pada taraf nyata 10%, 5%, dan 1%

pun, nilai varians harga untuk setiap komoditas memang sudah tinggi. Selain itu, nilai varians yang meningkat pada periode 1, 2, dan 3 memberikan arti bahwa krisis pangan tahun 1973 tidak berdampak besar pada nilai varians. Hal yang menarik dari nilai konstanta ini adalah pada konstanta jagung pada periode ke-3 yakni mencapai angka 191 lebih, yang menunjukkan bahwa guncangan harga pada komoditas jagung sangat tinggi dan menyebabkan nilai variansnya yang juga tinggi. Hal ini semakin memperkuat dugaan bahwa pengembangan *biofuels* yang mulai ditingkatkan pada tahun 2008 turut menyumbangkan peran dalam guncangan harga jagung dunia.

Jika dibandingkan dari jenis komoditasnya, yakni komoditas yang terkait langsung dengan pengembangan *biofuels* (jagung dan kedelai) dan komoditas yang tidak terkait langsung dengan pengembangan *biofuels* (beras dan gandum), maka terlihat bahwa komoditas yang terkait langsung dengan pengembangan *biofuels* memiliki nilai volatilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan komoditas yang tidak terkait dengan pengembangan *biofuels*. Hal ini dapat dilihat melalui koefisien total pada suku ARCH atau Resid (-1)². Pada suku tersebut koefisien jagung menunjukkan volatilitas mendekati 1 yakni 0,606 dan kedelai 0,468, yang berarti keduanya memiliki nilai volatilitas yang lebih tinggi dari beras dan gandum yang memiliki suku ARCH atau Resid (-1)² masing-masing hanya sebesar 0,2 atau tidak mendekati 1 yang berarti memiliki nilai volatilitas yang rendah.

Komoditas jagung dan kedelai memiliki keterkaitan erat antara satu dengan yang lain. Permintaan yang tinggi pada jagung sebagai bahan baku *biofuels* menyebabkan harga jagung

meningkat tajam, semakin tinggi harga jagung maka semakin besar luas lahan yang diperlukan untuk menanam jagung guna memenuhi permintaan yang tinggi ini.

Di sisi lain terjadi konversi lahan kedelai menjadi lahan untuk jagung, sehingga luas lahan kedelai berkurang yang menyebabkan produksi juga berkurang, hal ini tentunya akan berdampak pada harga kedelai yang akan meningkat. Hal ini di dukung pula melalui penelitian yang dilakukan oleh Haile et al. (2015) yang menyatakan bahwa terdapat hubungan positif antara harga jagung dan luas lahan jagung, serta terdapat pula hubungan negatif antara harga jagung dengan luas lahan kedelai.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Biofuels berbahan baku hasil pertanian menjadi komoditas penghubung antara pasar komoditas pertanian dengan pasar energi, dan selanjutnya dengan pasar finansial dunia. Oleh karena pasar energi dan pasar finansial dunia rentan gejolak maka pengembangan *biofuel* secara besar-besaran berdampak pada peningkatan volatilitas harga komoditas pertanian, utamanya komoditas pangan pokok. Komoditas yang memiliki keterkaitan secara langsung dengan pengembangan *biofuels* yakni jagung dan kedelai memiliki tingkat volatilitas yang lebih tinggi dari komoditas yang tidak memiliki keterkaitan secara langsung dengan pengembangan *biofuels* yakni gandum dan beras. Semakin besar keterkaitan suatu komoditas dengan pengembangan *biofuels* semakin besar pula tingkat volatilitasnya.

Saran

Peningkatan volatilitas dan level harga tersebut dapat dipandang sebagai tantangan dan peluang untuk memacu peningkatan produksi pangan guna meningkatkan kemandirian pangan sehingga ketahanan pangan nasional lebih tahan menghadapi gejolak pasar global. Peningkatan level harga adalah insentif untuk memacu peningkatan produksi dalam negeri. Namun, peningkatan level dan volatilitas harga pangan adalah ancaman terhadap sistem ketahanan pangan nasional. Dalam kondisi demikian, strategi yang tepat bagi Indonesia adalah mewujudkan swasembada pangan dengan memacu peningkatan produksi pangan dalam negeri melalui inovasi teknologi dan ekstensifikasi lahan pertanian.

Keterbatasan penelitian ini adalah dampak pengembangan *biofuels* hanya dilihat secara deskriptif dengan membandingkan antara satu periode dengan periode lainnya dan membandingkan antara komoditas yang terlibat langsung dengan komoditas yang tidak terlibat langsung dengan pengembangan *biofuels*. Untuk peneliti selanjutnya bisa menjawab isu tersebut dengan menggunakan pendekatan atau metode lainnya seperti simulasi ataupun analisis kausal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada segenap Pimpinan Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Dewan Redaksi Jurnal Agro Ekonomi, dan Mitra Bestari yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk turut berkontribusi serta membantu penulis dengan memberikan saran perbaikan untuk penyempurnaan artikel penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis selama menyusun artikel penelitian ini. Semoga artikel ini bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

Baye MR, Prince JT. 2016. *Ekonomi Manajerial dan Strategi Bisnis*. Edisi kedelapan. Sirait F, penerjemah; Masykur M, editor. Terjemahan dari: *Managerial Economics and Business Strategy*. Ed ke-8. Jakarta (ID): Salemba Empat.

Bergmann D, O'Connor D, Thummel A. 2016. An analysis of price and volatility transmission in butter, palm oil and crude oil markets. *Agric Food Econ*. 4: 1-23. DOI: 10.1186/s40100-016-0067-4

Carter C, Rausser G, Smith A. 2018. The effect of the AS ethanol mandate on corn prices. California (US):

Department of Agricultural and Resource Economics, University of California.

- Dawe D, Slayton T. 2010. The world rice market crisis of 2007-2008. Washington (US): Food and Agriculture Organization of The United Nations and Eathscan.
- Denicoff MR, Prater ME, Bahizi P. 2014. Wheat transportation profile. Washington DC (US): United States Department of Agriculture.
- [EC] European Comission, Directorate General for Agricultural and Rural Development. 2008. What caused the present boom in agricultural prices. Brussels (EU) : European Comission.
- [FAO] Food and Agricultural Organization of The United Nations. 2008. High food prices: The food security crisis of 2007 – 2008 and recent food price increase – facts and lesson. Rome (IT): Food and Agriculture Organization.
- Firdaus M. 2011. Aplikasi ekonometrika untuk data panel dan time series. Bogor (ID): IPB Press.
- Haile MG, Kalkuhl M, Braun JV. 2015. Worldwide acreage and yield response to international price change and volatility: A dynamic panel data analysis for wheat, rice, corn, and soybeans. *Am J Agric Econ*. 98(1):172-190.
- Harri A, Nalley L, Hudson D. 2009. The relationship between oil, exchange rates, and commodity prices. *J Agric and App Econ*. 41(2): 501-510.
- Hochman G, Kaplan S, Rajagopal D, Zilberman D. 2012. Biofuel and food commodity prices. *Agric*. 2: 271-281.
- Kumar D. 2017. On volatility transmission from crude oil to agricultural commodities. *Theoretical Economics Letters*. 7: 87-101.
- Malins C. 2017. Thought for food: a review of the interaction between biofuel consumption and food markets .Report. London (UK): Cerology, Transport and Environment and Birdlife Europe.
- Mitchell D. 2008. A note on rising food prices . Working Paper 4682. Washington DC (US): The World Bank Development Prospects Group.
- [ODI] Overseas Development Institute. 2008. Rising food prices : a global crisis, action needed now to avert poverty and hunger. London (UK): ODI Briefing Paper.
- Pangani NF, Tshamu NK, Asrat T. 2018. The impact of biofuels on food prices: The experiences of Brazil and United States. *Adv J Soc Sci*. 2(1):12-22.
- Saghaian S, Nemat M, Walters C, Chen B. 2018. Asymmetric price volatility transmission between AS biofuel, corn and oil markets. *J Agric Res Econ*. 43(1):46-60.
- Sihvonen J. 2017. Biofuels policies do increase food prices. Brusells (EU): Transport and Environment.
- Timmer CP. 2008. Causes of high food prices. Working Paper. Manila (PH): Asian Development Bank.

- Tomek WG, Robinson KL. 1981. *Agricultural Product Prices*. Second Edition. London (UK): Cornell University Press.
- [USDA] United States Department of Agriculture. 2015. *U.S. ethanol: an examination of policy, production, use, distribution, and market interactions*. Washington DC (US): United States Department of Agriculture.
- [USDA] United States Department of Agriculture. 2018. *Corn, disappearance, and share of total corn used for ethanol* [Internet]. [cited 2018 Des 10]; Available from: www.ers.usda.gov.
- Wei CC, Chen SM. 2016. Examining the relationship of crude oil future price return and agricultural future price return in US. *Int J En Econ Pol*. 6(1):58-64.
- Widarjono A. 2013. *Ekonometrika: Pengantar dan aplikasinya disertai panduan eviews*. Yogyakarta (ID): UPP STIM YKPN.
- Wiggins S, Levy S. 2008. *Rising food prices: cause for concern*. London (UK): Overseas Development Institute.
- World Bank. 2017. *Pink sheet data* World Bank. Washington DC (AS): World Bank.

Lampiran 1. Model ARCH/GARCH terbaik untuk harga beras

Dependent Variable: D(BERAS)
 Method: ML ARCH-Normal distribution (OPG-BHHH / Marquardt steps)
 Date: 02/10/18 Time: 11:58
 Sample (adjusted): 1960M02 2017M09
 Included observations: 692 after adjustments
 Convergence achieved after 485 iterations
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.213319	0.872489	-0.244494	0.8068
MA(1)	0.339538	0.052250	6.498330	0.0000
Variance Equation				
C	33.26619	4.934358	6.741746	0.0000
RESID(-1)^2	0.216440	0.020188	10.72141	0.0000
GARCH(-1)	0.704511	0.033100	21.28420	0.0000
R-squared	0.131901	Mean dependent var		0.429986
Adjusted R-squared	0.130642	S.D. dependent var		22.60067
S.E. of regression	21.07272	Akaike info criterion		8.320139
Sum squared resid	306401.0	Schwarz criterion		8.352939
Log likelihood	-2873.768	Hannan-Quinn criter.		8.332825
Durbin-Watson stat	1.888697			
Inverted MA Roots	-0.34			

Lampiran 2. Model ARCH/GARCH terbaik untuk harga gandum

Dependent Variable: D(GANDUM)
 Method: ML ARCH-Normal distribution (OPG-BHHH / Marquardt steps)
 Date: 02/10/18 Time: 20:29
 Sample (adjusted): 1960M02 2017M09
 Included observations: 692 after adjustments
 Convergence achieved after 191 iterations
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.357399	0.232139	-1.539591	0.1237
MA(1)	0.269062	0.044205	6.086727	0.0000
Variance Equation				
C	0.360190	0.045894	7.848288	0.0000
RESID(-1)^2	0.240850	0.022509	10.70015	0.0000
GARCH(-1)	0.838110	0.012091	69.31855	0.0000
R-squared	0.064727	Mean dependent var		0.171509
Adjusted R-squared	0.063371	S.D. dependent var		11.25894
S.E. of regression	10.89635	Akaike info criterion		6.830350
Sum squared resid	81924.07	Schwarz criterion		6.863150
Log likelihood	-2358.301	Hannan-Quinn criter.		6.843036
Durbin-Watson stat	1.998654			
Inverted MA Roots	-0.27			

Lampiran 3. Model ARCH/GARCH terbaik untuk harga jagung

Dependent Variable: D(JAGUNG)
 Method: ML ARCH-Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)
 Date: 02/10/18 Time: 17:02
 Sample (adjusted): 1960M02 2017M09
 Included observations: 692 after adjustments
 Convergence achieved after 46 iterations
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 GARCH = C(6) + C(7)*RESID(-1)^2

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.238188	0.406738	0.585606	0.5581
AR(1)	0.090371	0.476057	0.189832	0.8494
AR(2)	0.153468	0.246199	0.623349	0.5331
MA(1)	0.281147	0.489110	0.574813	0.5654
MA(2)	0.035533	0.088725	0.400481	0.6888
Variance Equation				
C	34.97622	0.589766	59.30523	0.0000
RESID(-1)^2	0.605989	0.077393	7.830071	0.0000
R-squared	0.021159	Mean dependent var		0.147820
Adjusted R-squared	0.015460	S.D. dependent var		8.084570
S.E. of regression	8.021833	Akaike info criterion		6.809435
Sum squared resid	44208.31	Schwarz criterion		6.855355
Log likelihood	-2349.064	Hannan-Quinn criter.		6.827195
Durbin-Watson stat	2.300601			
Inverted AR Roots	.44	-.35		
Inverted MA Roots	-.14-.13i	-.14+.13i		

Lampiran 4. Model ARCH/GARCH terbaik untuk harga kedelai

Dependent Variable: D(KEDELAI)
 Method: ML ARCH-Normal distribution (OPG-BHHH / Marquardt steps)
 Date: 02/10/18 Time: 18:16
 Sample (adjusted): 1960M02 2017M09
 Included observations: 692 after adjustments
 Convergence achieved after 126 iterations
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 GARCH = C(5) + C(6)*RESID(-1)^2 + C(7)*GARCH(-1) + C(8)*GARCH(-2)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.102481	0.201388	-0.508873	0.6108
AR(1)	1.109912	0.051449	21.57287	0.0000
AR(2)	-0.222884	0.034758	-6.412515	0.0000
MA(1)	-0.925673	0.033222	-27.86367	0.0000
Variance Equation				
C	1.540001	0.786927	1.956980	0.0503
RESID(-1)^2	0.467776	0.040241	11.62446	0.0000
GARCH(-1)	0.238140	0.080671	2.951977	0.0032
GARCH(-2)	0.439032	0.069003	6.362481	0.0000
R-squared	0.055336	Mean dependent var		0.437861
Adjusted R-squared	0.051216	S.D. dependent var		18.93193
S.E. of regression	18.44074	Akaike info criterion		7.936499
Sum squared resid	233962.0	Schwarz criterion		7.988979
Log likelihood	-2738.029	Hannan-Quinn criter.		7.956796
Durbin-Watson stat	1.989904			
Inverted AR Roots	.85	.26		
Inverted MA Roots	.93			