



Dampak Pertumbuhan PDB Perkapita, Pengeluaran Rumah Tangga Perkapita, Perdagangan Terbuka dan Laju Populasi Perkotaan Terhadap Konsumsi Energi Akhir Perumahan

Bambang Priyo Cahyono^{1*}, Sitti Marijam Thawil², Sohirin³

^{1,2} Universitas Islam Attahiriyah

³ Politeknik Imigrasi

Informasi Artikel

Sejarah artikel:
Diterima Januari 2020
Disetujui Februari 2020
Dipublikasikan Maret
2020

Keywords:
GDP per capita,
household consumption
expenditure,
trade openness,
urban population,
residential final energy
consumption.

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the impact of GDP per capita, household final consumption expenditure per capita, openness trade, and urban population rate towards residential final energy consumption in Indonesia using annual data over the period 1977-2016. We applied is unit root test, cointegration test, and estimation of short and long term relationships based on the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) procedures. Our results show that GDP per capita, open trade, and urban population growth rate have a significant impact on residential final energy consumption, while household final consumption expenditure did not influence the growth of residential final energy consumption in Indonesia. Based on these findings, we concluded that the growth of GDP per capita, household consumption expenditures, openness trade and the rate of urban population are relevant indicators to predicting the growth rate of residential energy consumption in Indonesia.

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji dampak pertumbuhan PDB perkapita, pengeluaran konsumsi akhir rumah tangga, perdagangan terbuka, dan laju populasi perkotaan terhadap konsumsi energi akhir perumahan di Indonesia dengan menggunakan data tahunan sepanjang periode 1977-2016. Metode analisis yang diterapkan adalah uji akar unit, uji kointegrasi, serta estimasi hubungan jangka pendek dan jangka panjang berdasarkan prosedur Autoregressive Distributed Lag (ARDL). Hasil kami menunjukkan bahwa pertumbuhan GDP perkapita, perdagangan terbuka, dan pertumbuhan populasi perkotaan memiliki dampak signifikan terhadap konsumsi energi akhir perumahan, sementara pengeluaran konsumsi akhir rumah tangga perkapita tidak mempengaruhi laju pertumbuhan konsumsi energi akhir perumahan di Indonesia. Berdasarkan temuan ini, kami menyimpulkan bahwa pertumbuhan PDB per kapita, pengeluaran konsumsi rumah tangga, perdagangan keterbukaan dan tingkat populasi perkotaan adalah indikator yang relevan untuk memprediksi tingkat pertumbuhan konsumsi energi perumahan di Indonesia.

© 2020 MediaTrend

Penulis korespondensi:
E-mail: dli.bambang@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.21107/mediatrend.v15i1.6529>
2460-7649 © 2020 MediaTrend. All rights reserved.

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara dengan populasi terpadat ke-empat di dunia dengan laju pertumbuhan populasi rata-rata sekitar 1,26% pertahun selama satu dekade terakhir. Jumlah populasi penduduk Indonesia meningkat dari sekitar 232 juta jiwa pada tahun 2007 menjadi 264 juta jiwa pada tahun 2017. Setengah populasi penduduk Indonesia tinggal di daerah perkotaan, dengan laju pertumbuhan populasi di wilayah perkotaan rata-rata meningkat sekitar 2,68% pertahun sepanjang periode 10 tahun terakhir. Kondisi ini menunjukkan bahwa pertumbuhan laju populasi perkotaan dan urbanisasi merupakan salah satu tantangan yang harus dihadapi oleh Indonesia pada masa depan. Migrasi penduduk pedesaan ke daerah perkotaan mendorong lebih banyak pekerja terserap dalam kegiatan produksi perkotaan. Kondisi ini mendorong perlunya lebih banyak infrastruktur utilitas yang membutuhkan energi seperti jaringan lalu lintas perkotaan, jaringan listrik dan konstruksi yang diperlukan di wilayah perkotaan (Fan dkk, 2017).

Laju pertumbuhan populasi yang cepat secara tidak langsung mendorong peningkatan konsumsi energi akhir domestik, khususnya pada sektor perumahan. Menurut laporan tahunan dari *International Energy Agency*, sektor perumahan adalah konsumen energi terbesar di Indonesia. Sektor pengguna energi ini mengkonsumsi sekitar 38,34% dari total konsumsi energi akhir di Indonesia, yang terdiri dari biofuel dan limbah (75,51%), listrik (12,38%), bahan bakar minyak (12,07%) dan gas alam (0,03%). Pengguna energi pada sektor perumahan mengkonsumsi energi untuk keperluan rumah tangga seperti penerangan, memasak, pendingin ruangan, dan lain-lain (Shimoda dkk, 2007). Masyarakat diberikan pilihan untuk meng-

konsumsi beragam jenis komoditas energi yang sesuai kebutuhan dan daya beli mereka. Semakin banyak kebutuhan dan aktivitas mereka maka semakin besar jumlah energi yang mereka konsumsi sehari-hari.

Pertumbuhan konsumsi energi final pada sektor rumah tangga dianggap terkait dengan beberapa factor sosio-ekonomi, seperti pertumbuhan pendapatan (Auffhammer dan Wolfram, 2014; Gertler, Shelef, Wolfram, dan Fuchs, 2016) dan gaya hidup masyarakat (Huddk, 2017; Sukarno dkk, 2017). Secara umum, harga energi sering memainkan peran kecil dalam setiap peralihan dari energi tradisional ke energi modern pada sektor perumahan atau rumah tangga. Substitusi apapun dari energi tradisional menjadi energi komersial (dan karenanya menjadi aktivitas uang) akan berarti bahwa rumah tangga akan membutuhkan akses ke aliran pendapatan yang memadai dan berkelanjutan, yang kemudian mereka rela habiskan untuk bahan bakar komersial daripada pada barang atau tabungannya (Bhattacharyya, 2011).

Salah satu kebutuhan pokok rumah tangga, komoditas energi telah menjadi bagian dari pengeluaran rumah tangga yang diperdagangkan dalam beragam jenis dan tingkat harga. Oleh sebab itu pertumbuhan perdagangan terbuka dianggap memiliki peran terhadap pertumbuhan pengeluaran rumah tangga dan konsumsi energi akhir (Nugraha dan Osman, 2018, 2019). Urbanisasi juga secara tidak langsung memiliki pengaruh terhadap peningkatan keterbukaan perdagangan dan konsumsi energi (Dogan dan Turkekul, 2016; Kasman dan Duman, 2015). Keterkaitan ini tentunya butuh pembuktian, khususnya terkait dengan laju konsumsi energi rumah tangga pada suatu negara. Pengetahuan mengenai hubungan antar indikator ini dianggap sangat diperlukan dalam

menentukan strategi dan kebijakan terkait bidang ekonomi dan energi yang bersifat publik.

Secara umum, kebijakan energi perumahan dapat diterapkan untuk meningkatkan penyerapan praktik konservasi energi dan meningkatkan adopsi teknologi hemat energi (Aydin & Brounen, 2019). Perumusan kebijakan energi perumahan yang efektif dan tepat sasaran untuk meningkatkan konservasi dan adopsi teknologi tentunya harus didasarkan pada pemahaman yang kuat tentang bagaimana adopsi teknologi, praktik konservasi, pengetahuan penggunaan energi, dan sikap terhadap konservasi energi dikaitkan dengan karakteristik rumah tangga (Mills dan Schleich, 2012). Oleh sebab itu penting untuk mengidentifikasi kondisi karakteristik konsumsi energi pada sektor perumahan di suatu negara sebelum menerapkan kebijakan praktik konservasi energi dan adopsi teknologi hemat energi.

Beragam penelitian telah berkembang dan berusaha mengidentifikasi faktor-faktor penting yang mempengaruhi pola konsumsi dan konservasi energi perumahan. Secara khusus, banyak penelitian telah dilakukan untuk menyelidiki faktor-faktor apa yang terkait dengan konsumsi energi dan penerapan kebijakan terkait energi pada sektor perumahan (Abrahamse dan Steg, 2011; Frederiks dkk, 2015; Wilson dan Dowlatabadi, 2007). Sukarno dkk (2017) menyelidiki efek dari gaya hidup rumah tangga pada konsumsi energi perumahan dengan menggunakan analisis *cross-section* dan metode pengukuran di tempat yang berfokus pada gaya hidup rumah tangga. Hasil studi mereka menunjukkan bahwa gaya hidup rumah tangga sangatterkait dengan konsumsi energi. Sementara, Zhang dkk (2018) mengusulkan model *bottom-up* untuk memperkirakan permintaan energi perumahan di Amerika Serikat. Model ini menerapkan metode pembelajaran baru untuk

mencocokkan catatan dalam survei konsumsi energi tempat tinggal dengan sampel microdata penggunaan energi publik di Amerika.

Berkaitan kebijakan konsumsi energi, Aydin & Brounen (2019) menganalisis dampak kebijakan efisiensi energi perumahan pada konsumsi energi rumah tangga di seluruh Eropa untuk periode 1980-2016. Hasil studi mereka menawarkan bukti kuat bahwa persyaratan pelabelan energi untuk peralatan dan kode bangunan yang lebih ketat mengarah pada penurunan konsumsi energi perumahan. Sementara penelitian Romero, Barajas, dan Yñiguez (2017) menganalisis singkat tren konsumsi energi perumahan untuk periode 1993-2013 dalam perspektif ganda, berdasarkan beberapa wilayah di dunia dan menurut tingkat pendapatan nasional bruto per kapita pada 2013. Penelitian mereka merekomendasikan kebijakan energi yang berbeda untuk beberapa wilayah, khususnya pengurangan konsumsi energi perumahan pada negara-negara Asia Timur dan Selatan, EU15 dan negara-negara maju lainnya.

Pola konsumsi energi perumahan dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang pada akhirnya terkait dengan pendapatan dan pengeluaran rumah tangga. Studi Nie dkk (2018) mengungkapkan bahwa efek iklim akibat meningkatnya suhu udara, efek pembagian biaya energi yang ditandai dengan lebih banyak pengeluaran yang harus dibayar untuk penggunaan energi, serta efek pendapatan yang menggambarkan pertumbuhan pendapatan konstan di sektor perumahan berpotensi mendorong peningkatan konsumsi energi perumahan. Sebaliknya, harga energi dan efek bauran pengeluaran energi berkontribusi negatif terhadap peningkatan konsumsi energi perumahan. Sama halnya, Zhao dan Magoulès (2012) juga berpendapat bahwa konsumsi energi perumahan dipengaruhi oleh kondisi cuaca

sekitar, struktur dan karakteristik bangunan, pengoperasian komponen sub-level seperti pencahayaan dan sistem HVAC (pemanas, ventilasi, dan pendingin udara), hunian dan perilakunya. Situasi kompleks ini secara tidak langsung menyebabkan sangat sulit untuk secara akurat menerapkan prediksi konsumsi energi perumahan.

Pola konsumsi energi perumahan dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang pada akhirnya terkait dengan pendapatan dan pengeluaran rumah tangga. Studi Nie et al (2018) mengungkapkan bahwa efek iklim akibat meningkatnya suhu udara, efek pembagian biaya energi yang ditandai dengan lebih banyak pengeluaran yang harus dibayar untuk penggunaan energi, serta efek pendapatan yang menggambarkan pertumbuhan pendapatan konstan di sektor perumahan berpotensi mendorong peningkatan konsumsi energi perumahan. Sebaliknya, harga energi dan efek bauran pengeluaran energi berkontribusi negatif terhadap peningkatan konsumsi energi perumahan. Sama halnya, Zhao dan Magoulès (2012) juga berpendapat bahwa konsumsi energi perumahan dipengaruhi oleh kondisi cuaca sekitar, struktur dan karakteristik bangunan, pengoperasian komponen sub-level seperti pencahayaan dan sistem HVAC (pemanas, ventilasi, dan pendingin udara) hunian serta perilakunya. Situasi kompleks ini secara tidak langsung menyebabkan sangat sulit untuk secara akurat menerapkan prediksi konsumsi energi perumahan.

Pertumbuhan konsumsi energi tidak lepas dari beberapa indikator pertumbuhan ekonomi. Untuk kasus di Indonesia, penelitian Nugraha & Osman (2018) mengungkapkan bahwa pertumbuhan ekonomi di tiga sektor pembangunan memiliki hubungan timbal balik dengan pengeluaran konsumsi akhir rumah tangga, sementara pertumbuhan konsumsi energi dipengaruhi oleh

pengeluaran konsumsi akhir rumah tangga dan laju pertumbuhan ekonomi pada sektor industri dan sektor pertanian di Indonesia. Lebih lanjut, Nugraha & Osman (2017) juga menyelidiki hubungan pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi final pada tiga sektor utama pembangunan dan menemukan bukti bahwa pertumbuhan ekonomi memiliki pengaruh signifikan terhadap konsumsi energi pada masing-masing sektor pembangunan tersebut. Temuan ini secara tidak langsung membangun asumsi bahwa pertumbuhan konsumsi energi pada sektor perumahan di Indonesia mungkin sangat terkait dengan pertumbuhan pendapatan perkapita dan pengeluaran rumah tangga di Indonesia.

Hubungan pertumbuhan ekonomi, keterbukaan perdagangan, dan urbanisasi terhadap konsumsi energi juga telah diselidiki oleh beberapa peneliti dalam upaya memberikan referensi bagi pemangku kebijakan di suatu negara. Penelitian Azam dkk (2015) menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi, keterbukaan perdagangan, dan urbanisasi memiliki peran dan pengaruh signifikan terhadap konsumsi energi di Indonesia. Dogan & Turkecul (2016) mengungkapkan bukti bahwa pertumbuhan PDB dan keterbukaan perdagangan memiliki dampak signifikan terhadap konsumsi energi di USA. Kasman dan Duman (2015) menemukan bukti bahwa pertumbuhan PDB dan urbanisasi memiliki hubungan satu arah terhadap konsumsi energi untuk panel negara-negara anggota dan kandidat Uni Eropa selama periode 1992-2010. Meski demikian, belum ada kajian yang menyelidiki bagaimana pengaruh indikator-indikator tersebut terhadap pertumbuhan konsumsi energi pada sektor perumahan.

Beberapa pendekatan untuk mengembangkan model energi, pendekatan statistik adalah pilihan yang baik untuk menghindari beban yang terkait dengan

pendekatan teknik ketika data yang diamati/diukur tersedia. Di antara model statistik, analisis regresi linier telah menunjukkan hasil yang menjanjikan karena akurasi yang wajar dan implementasi yang relatif sederhana jika dibandingkan dengan metode lain (Fumo & Biswas, 2015). Sejak penelitian (Kraft dan Kraft, 1978) mengenai hubungan pendapatan dan konsumsi energi, beragam kajian yang menggunakan permodelan statistik diterapkan oleh para peneliti diseluruh dunia untuk menyelidiki dampak beberapa indikator ekonomi (seperti PDB, keterbukaan perdagangan, pembangunan keuangan, dan lain-lain) terhadap konsumsi energi pada suatu negara maupun sekelompok negara. Hal ini tentunya menggambarkan bahwa penggunaan indikator-indikator ekonomi dalam permodelan konsumsi energi dianggap efektif dalam menyelidiki pertumbuhan konsumsi energi serta tantangan yang harus dihadapi di masa depan terkait keamanan energi dan keberlanjutan pembangunan di suatu negara.

Berdasarkan isu diatas maka penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki dampak pertumbuhan GDP perkapita, pengeluaran konsumsi akhir rumah tangga, perdagangan terbuka, dan pertumbuhan populasi perkotaan terhadap konsumsi energi akhir perumahan di Indonesia. Hasil temuan penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi pemangku kebijakan di Indonesia serta memberikan kontribusi pengetahuan terhadap literature studi bidang sosial, ekonomi, dan energi. Selanjutnya, artikel ini disusun sebagai berikut. Bagian kedua menjelaskan kajian pustaka terkait topik penelitian ini. Bagian ketiga menjelaskan mengenai data dan metode analisis. Bagian keempat melaporkan dan mendiskusikan hasil estimasi. Sementara bagian terakhir menyajikan kesimpulan, implikasi temuan dan rekomendasi kebijakan.

METODE PENELITIAN

Data tahunan untuk Indonesia sepanjang periode 1977-2016 dikumpulkan dan digunakan dalam penelitian ini. Data tahunan konsumsi energi akhir perumahan (dalam kilo ton setara minyak) diperoleh dari *Internasional Energi Agency* (IEA, 2019), sementara data tahunan pengeluaran konsumsi akhir rumah tangga (dalam jutaan USD harga konstan 2010), laju pertumbuhan populasi perkotaan (persentase pertumbuhan tahunan populasi perkotaan), dan perdagangan terbuka (sebagai persentase dari PDB) diperoleh dari *World Bank* (2018). Kami transformasikan seluruh data seri ke dalam bentuk logaritma natural untuk mengatasi masalah heteroskedastisitas dan menginduksi stasioneritas dalam matriks varians-kovarians (Chang, 2010; Fatai dkk, 2004). Penelitian ini menerapkan pendekatan *Autoregressive distributed lag* (ARDL) yang diperkenalkan oleh (Pesaran dan Shin, 1998) serta kemudian (Pesaran dkk, 2001). Model persamaan ARDL dalam penelitian ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta \ln RE_t = & \alpha + \sum_{i=1}^{m_1} \beta_1 \Delta \ln RE_{t-i} + \sum_{i=1}^{m_2} \beta_2 \Delta \ln GP_{t-i} + \\ & \sum_{i=1}^{m_3} \beta_3 \Delta \ln PR_{t-i} + \sum_{i=1}^{m_4} \beta_4 \Delta PT_{t-i} + \sum_{i=1}^{m_5} \beta_5 \Delta UG_{t-i} \\ & + \varphi_1 \ln RE_{t-1} + \varphi_2 \ln GP_{t-1} + \varphi_3 \ln PR_{t-1} + \\ & \varphi_4 \ln PT_{t-1} + \varphi_5 \ln UG_{t-1} + ECT + \varepsilon_t \end{aligned}$$

Dimana Δ adalah simbol bentuk perbedaan pertama, α adalah simbol intersep, t adalah simbol periode waktu, $\ln RE$ adalah logaritma natural dari konsumsi energi final perumahan, $\ln GP$ adalah logaritma natural dari GDP perkapita, $\ln PR$ adalah logaritma natural dari pengeluaran konsumsi final

rumah tangga, $\ln PT$ adalah logaritma natural dari keterbukaan perdagangan, $\ln UG$ adalah logaritma natural dari laju pertumbuhan populasi perkotaan, m_i ($i = 1,2,3,4,5$) adalah jumlah kelambanan masing-masing variabel, β_i ($i=1,2,3,4,5$) adalah koefisien korelasi jangka pendek, φ_i ($i=1,2,3,4,5$) adalah koefisien korelasi jangka panjang dan ε_t adalah istilah kesalahan white noise.

Prosedur analisis ini terdiri dari empat langkah. Pada langkah pertama kami memeriksa stasionaritas data seri yang digunakan dalam penelitian ini dengan uji *Augmented Dickey-Fuller* (Dickey dan Fuller, 1979) untuk memastikan bahwa masing-masing data seri stasioner pada bentuk $I(0)$ dan $I(1)$. Masing-masing data seri diperiksa dengan dua persamaan, yaitu (1) persamaan dengan intersep dan persamaan dengan intersep dan tren. Stasioner atau tidaknya suatu data dapat dilihat melalui $ADF_{\text{statistik}}$ dengan *Mackinnon critical value*. Dalam persamaan tersebut diketahui bahwa hipotesis nol (H_0) menunjukkan adanya *unit root* dan hipotesis satu (H_1) menunjukkan kondisi tidak ada *unit root*. Jika dalam uji stasioneritas ini menunjukkan nilai $ADF_{\text{statistik}}$ yang lebih besar dari *Mackinnon critical value*, maka dapat diketahui bahwa data tersebut stasioner karena tidak mengandung unit root. Sebaliknya jika nilai $ADF_{\text{statistik}}$ kurang dari *Mackinnon critical value*, maka dapat disimpulkan data tersebut tidak stasioner pada derajat level. Harus dilakukan *differencing* data untuk memperoleh data yang stasioner pada derajat yang sama di *first different*, yaitu dengan mengurangi data tersebut dengan data periode sebelumnya.

Pada langkah kedua kami menerapkan uji batas *Autoregressive distributed lag* (ARDL) yang untuk memeriksa apakah ada hubungan jangka panjang atau kointegrasi antar variable.

Seleksi panjang kelambanan optimal masing-masing data seri dalam persamaan model ditentukan menggunakan kriteria *Schwartz-Bayesian*. Pada tes ini keberadaan hubungan jangka panjang atau kointegrasi antar variabel ditentukan dengan nilai statistik F dari signifikansi bersama seluruh kelambanan bentuk tingkat dari variabel dalam model persamaan (Pesaran dkk, 2001). Signifikansi bersama tersebut diuji menggunakan hipotesis nol ($H_0: \varphi_1=\varphi_2=\varphi_3=\varphi_4=0$) untuk tidak ada kointegrasi antar variabel dan hipotesis alternatif ($H_1: \varphi_1 \neq \varphi_2 \neq \varphi_3 \neq \varphi_4 \neq 0$) untuk adanya hubungan kointegrasi antar variable.

Langkah ini nilai statistik F dibandingkan dengan nilai batas kritis bawah dan nilai batas kritis atas yang diusulkan oleh (Narayan, 2005) untuk jumlah sampel kurang dari 80. Nilai kritis bawah ditentukan dengan mempertimbangkan bahwa semua seri stasioner pada bentuk tingkat atau $I(0)$, sedangkan nilai kritis atas ditentukan dengan mengandaikan bahwa semua seri waktu terintegrasi pada bentuk perbedaan pertama atau $I(1)$. Hipotesis nol dan menyimpulkan bahwa variabel terkointegrasi apabila nilai F-statistik melebihi nilai batas kritis atas, sedangkan kami menerima hipotesis nol dan menyimpulkan tidak adanya hubungan kointegrasi ketika nilai F-statistik lebih rendah daripada nilai batas kritis atas. Sementara apabila nilai statistik F berada diantara nilai batas kritis bawah dan nilai batas kritis atas, kami memutuskan keberadaan hubungan kointegrasi antar variable tidak meyakinkan.

Langkah ketiga kami memeriksa koefisien hubungan jangka panjang dan jangka pendek antara variabel-variabel independen dan variable dependen dalam persamaan model istilah koreksi kesalahan. Adapun persamaan model istilah koreksi kesalahan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\Delta \ln RE_t = \alpha + \sum_{i=1}^{m_1} \beta_1 \Delta \ln RE_{t-i} + \sum_{i=1}^{m_2} \beta_2 \Delta \ln GP_{t-i} + \sum_{i=1}^{m_3} \beta_3 \Delta \ln PR_{t-i} + \sum_{i=1}^{m_4} \beta_4 \Delta PT_{t-i} + \sum_{i=1}^{m_5} \beta_5 \Delta UG_{t-i} + \psi ECT_{t-1} + \varepsilon_t$$

Dimana ECT_{t-1} adalah istilah koreksi kesalahan yang mewakili residu *ordinary least square* yang berasal dari model persamaan hubungan jangka panjang sebagai berikut:

$$\ln RE_t = \varphi_1 \ln GP_t + \varphi_2 \ln PR_t + \varphi_3 \ln PT_t + \varphi_4 \ln UG_t$$

sehingga diperoleh persamaan bentuk koreksi kesalahan sebagai berikut:

$$ECT_t = \ln RE_t - \varphi_1 \ln GP_t - \varphi_2 \ln PR_t - \varphi_3 \ln PT_t - \varphi_4 \ln UG_t$$

Persamaan ini istilah koreksi kesalahan (ECT_{t-1}) menunjukkan kecepatan penyesuaian ke tingkat keseimbangan jangka panjang, dimana nilai koefisiennya harus negative dan signifikan pada tingkat 5%. Pada langkah ini, uji diagnostik dan stabilitas juga diterapkan untuk memastikan bahwa model tidak memiliki masalah korelasi serial, bentuk fungsional, normalitas, dan heteroskedastisitas. Untuk

memeriksa stabilitas data seri dari model, Pesaran dan Pesaran (1997) menyarankan untuk menerapkan pengujian menggunakan plot *Cumulative Sum* (CUSUM) dan *Cumulative Sum of Square* (CUSUMSQ) yang dikembangkan oleh (Brown, Durbin, & Evans, 1975).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 melaporkan hasil uji stasionaritas untuk seluruh data seri. Dapat dilihat bahwa ketika diuji hanya dengan intersep, hasil uji ADF dan PP mengindikasikan data seri dari $\ln RE$, $\ln GP$, $\ln PR$, dan $\ln UG$ hanya stasioner pada bentuk perbedaan pertama atau $I(1)$, sementara data seri dari $\ln PT$ stasioner pada bentuk $I(0)$ dan $I(1)$. Sementara ketika diuji dengan intersep dan tren, hasil uji ADF menunjukkan bahwa data seri $\ln RE$, $\ln GP$, $\ln PT$, dan $\ln UG$ hanya stasioner pada bentuk perbedaan pertama atau $I(1)$, sedangkan data seri $\ln PR$ stasioner pada bentuk tingkat dan perbedaan pertama. Sementara, hasil uji PP dengan intersep dan tren menunjukkan bahwa seluruh data seri hanya stasioner pada bentuk perbedaan pertama atau $I(1)$. Berdasarkan hasil ini maka disimpulkan bahwa seluruh data seri hanya memiliki stasionaritas pada $I(0)$ dan $I(1)$

Tabel 1
Hasil Uji Stasionaritas

Series	Intersep		Intersep and Trend	
	ADF	PP	ADF	PP
$\ln RE$	-1,028	-1,559	-2,376	-1,780
$\ln GP$	-0,368	-0,368	-2,509	-2,079
$\ln PR$	-1,730	-1,594	-3,893**	-3,014
$\ln PT$	-2,773*	-2,749*	-2,604	-2,521
$\ln UG$	0,619	0,596	-2,270	-2,230
$\Delta \ln RE$	-3,548**	-3,269**	-3,584**	-3,292*
$\Delta \ln GP$	-4,606***	-4,576***	-4,541***	-4,509***
$\Delta \ln PR$	-4,287***	-4,265***	-4,335***	-4,381***
$\Delta \ln PT$	-8,433***	-8,433***	-8,677***	-8,788***
$\Delta \ln UG$	-5,621***	-5,621***	-5,870***	-5,868***

Keterangan: Δ adalah symbol bentuk perbedaan pertama. ***, **, * berturut-turut menandakan signifikan pada tingkat 1%, 5%, dan 10%.

sehingga dapat digunakan dalam uji batas ARDL untuk memeriksa keberadaan kointegrasi atau hubungan jangka panjang antar variabel.

Tabel 3 melaporkan koefisien jangka panjang dari hasil estimasi ARDL. Dapat dilihat bahwa koefisien dari lnGP dan lnPT bernilai positif dan signifikan

Tabel 2
Uji batas ARDL

Model	Lag Optimal	F-statistik	
lnRE lnGP, lnPR, lnPT, lnUG	2,3,0,1,4	6,553***	
Nilai Kritis	Tingkat Signifikansi		
	1%	5%	10%
Batas Bawah, I(0)	4,428	3,202	2,660
Batas Atas, I(1)	6,250	4,544	3,838

Keterangan: ***, **, * berturut-turut menandakan signifikan pada tingkat 1%, 5%, dan 10%. Nilai batas kritis atas dan bawah berdasarkan Narayan (2005) untuk $n = 40$ dan $k = 4$.

Tabel 2 melaporkan hasil uji batas ARDL. Berdasarkan hasil seleksi panjang kelambanan optimal, kriteria *Schwartz-Bayesian* memilih panjang kelambanan optimal untuk masing-masing variabel pada model berturut-turut adalah 2,3,0,1,4. Selanjutnya, hasil estimasi menunjukkan bahwa nilai F-statistik berada di atas nilai batas kritis atas dengan tingkat signifikansi 1%. Berdasarkan hasil ini maka kami menolak hipotesis nol dan menyimpulkan bahwa variabel-variabel pada model memiliki hubungan kointegrasi atau dengan kata lain ada hubungan jangka panjang yang berjalan dari variabel-variabel independen ke variabel dependen pada model.

pada tingkat 1%. Hasil ini mengindikasikan bahwa kenaikan GDP perkapita dan pertumbuhan perdagangan terbuka dalam jangka panjang berpotensi mendorong peningkatan konsumsi energi final perumahan sebesar 1%. Selanjutnya, koefisien dari lnUG bernilai negatif dan signifikan pada tingkat 1%. Hasil ini mengungkapkan bahwa peningkatan laju pertumbuhan populasi perkotaan akan menyebabkan penurunan jumlah konsumsi energi final perumahan dalam jangka panjang. Sementara itu, hasil estimasi juga menunjukkan bahwa koefisien dari lnPR secara statistik tidak signifikan, dimana hal ini mengindikasikan bahwa kenaikan dan penurunan pengeluaran konsumsi final rumah tangga perkapita tidak akan mempengaruhi pertumbuhan konsumsi energi final perumahan dalam jangka panjang.

Tabel 3
Hasil Estimasi Jangka Panjang.

Variabel	Koefisien	Std. Error
lnGP	0,478***	0,123
lnPR	-0,119	0,142
lnPT	0,181***	0,038
lnUG	-0,179***	0,051

Keterangan: ***, **, * berturut-turut menunjukkan signifikansi pada tingkat 1%, 5% dan 10%.

Tabel 4 menyajikan koefisien hubungan jangka pendek dan istilah koreksi kesalahan dari hasil estimasi ARDL. Berkaitan hubungan jangka pendek, hasil estimasi menemukan 4 (empat) temuan empiris. Pertama, hasil estimasi menunjukkan bahwa koefisien dari $\ln GP$ bernilai positif dan signifikan pada tingkat 5%, sementara koefisien dari $\ln GP(-1)$ dan $\ln GP(-2)$ bernilai negatif dan juga secara statistik signifikan pada tingkat 5%. Hasil ini mengungkapkan bahwa pada awal periode jangka pendek, peningkatan GDP perkapita akan menyebabkan kenaikan konsumsi energi final perumahan, namun kemudian pada periode lanjutnya, peningkatan GDP perkapita akan menyebabkan penurunan konsumsi energi final perumahan. Berdasarkan hasil ini maka dapat disimpulkan bahwa apabila GDP perkapita mengalami tren penurunan, maka jumlah konsumsi energi final perumahan akan mengalami peningkatan secara bertahap sepanjang periode jangka pendek.

Kedua, koefisien dari $\ln PR$ bernilai negatif namun secara statistik tidak signifikan. Hasil ini mengindikasikan bahwa kenaikan maupun penurunan

jumlah pengeluaran konsumsi final rumah tangga dalam jangka pendek tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jumlah konsumsi energi final perumahan di Indonesia. Dengan kata lain, kondisi ini menggambarkan bahwa peningkatan pengeluaran konsumsi rumah tangga tidak serta-merta menyebabkan jumlah konsumsi energi final pada perumahan akan ikut bertambah atau meningkat. Ketiga, koefisien dari $\ln PT$ bernilai positif dan signifikan pada tingkat 5%. Bukti ini menunjukkan bahwa peningkatan perdagangan terbuka berpotensi mendorong pertumbuhan jumlah konsumsi energi final perumahan di Indonesia dalam jangka pendek. Bukti ini mungkin dapat dikaitkan dengan industri mikro, kecil dan menengah yang kegiatan produksi dan perdagangannya lebih banyak berada di perumahan. Pertumbuhan aktivitas produksi dan perdagangan di perumahan secara tidak langsung mendorong semakin meningkatnya konsumsi energi final diluar kebutuhan rumah tangga.

Ke-empat, nilai koefisien dari $\ln UG$, $\ln UG(-2)$, $\ln UG(-3)$ bernilai negative dan signifikan secara statistik pada tingkat 1%,

Tabel 4
Hasil Estimasi Jangka Pendek

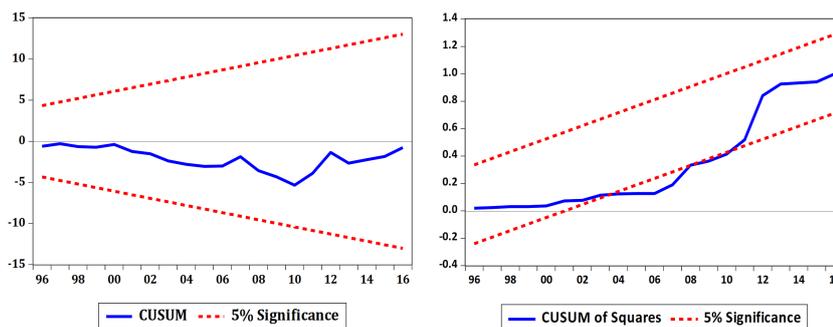
Variabel	Koefisien	Std. Error		
C	3,384***	0,548		
$\Delta LREC(-1)$	0,281**	0,116		
$\Delta \ln GP$	0,192**	0,084		
$\Delta \ln GP(-1)$	-0,163**	0,059		
$\Delta \ln GP(-2)$	-0,166**	0,060		
$\Delta \ln PR$	-0,078	0,077		
$\Delta \ln PT$	0,042**	0,015		
$\Delta \ln UG$	-0,077**	0,033		
$\Delta \ln UG(-1)$	-0,047	0,029		
$\Delta \ln UG(-2)$	-0,101***	0,031		
$\Delta \ln UG(-3)$	-0,108***	0,035		
ECT(-1)	-0,451***	0,073		
R-squared	0.736		D-W statistik	2.171
Uji Diagnostik				
Jarque-Bera	4,755 (0,093)		BPG statistik	0,797 (0,664)
B-G LM	1,919 (0,153)		Ramsey RESET	0,378 (0,546)

Keterangan: ***, **, *berturut-turut menunjukkan signifikansi pada tingkat 1%, 5% dan 10%.

sementara koefisien dari $\ln UG(-1)$ bernilai negatif namun tidak signifikan secara statistik. Hasil ini menunjukkan bahwa laju pertumbuhan populasi perkotaan memiliki dampak negatif dan menyebabkan menurunnya jumlah konsumsi energi final perumahan di Indonesia pada awal dan akhir periode jangka pendek. Ada beberapa asumsi yang mungkin menjadi alasan kondisi ini dapat terjadi, namun kami berpendapat pertumbuhan populasi perkotaan (khususnya urbanisasi) tidak serta-merta menyebabkan bertambahnya jumlah rumah atau tempat tinggal di daerah perkotaan, sehingga kegiatan penggunaan bahan bakar maupun listrik di perumahan tidak mengalami peningkatan yang signifikan meski jumlah penduduk perkotaan semakin bertambah. Penduduk daerah pedesaan yang bermigrasi ke perkotaan sebagian besar memilih untuk tinggal di rumah kontrakan bersama (kost) atau tempat tinggal keluarganya yang lebih dahulu bertempat tinggal di daerah kota sehingga biaya penggunaan bahan bakar dan listrik untuk kebutuhan rumah tangga atau perumahan lebih dapat efisien.

konvergensi dari hubungan jangka pendek menuju keseimbangan hubungan jangka panjang pada model adalah sekitar 45%. Nilai *R-squared* menunjukkan bahwa proporsi variable-variabel independen dalam menjelaskan perubahan variabel dependen adalah sebesar 73.6%, sementara sisanya dipengaruhi indikator lainnya yang tidak diperhitungkan dalam model. Nilai statistik Durbin-Watson, meski sedikit melampaui nilai 2, menunjukkan bahwa tidak ada masalah auto-korelasi yang serius pada model estimasi. Nilai statistik dari Jarque-Bera, uji *Lagrange Multiplier* (LM), uji heterokedasitas Breusch-Pagan-Godfrey, dan uji Ramsey RESET berturut-turut menunjukkan bahwa model hasil estimasi tidak memiliki masalah normalitas, serial korelasi, heterokedasitas, dan bentuk fungsional model.

Selanjutnya, Gambar 1 menunjukkan uji *CUSUM* dan *CUSUM of Squares* yang digunakan untuk memeriksa stabilitas data seri dari model hasil estimasi. Dapat dilihat bahwa garis biru pada *CUSUM* tidak melampaui garis batas kritis berwarna merah, sementara



Gambar 1
CUSUM* dan *CUSUM of Squares

Berkaitan hubungan jangka panjang, nilai koefisien istilah koreksi kesalahan (ECT_{t-1}) adalah -0.45 (negatif) dan signifikan pada tingkat 1%. Hasil ini menunjukkan bahwa kecepatan

sebagian garis biru pada grafik *CUSUM of squares* sedikit melampaui garis batas kritis berwarna merah. Kedua hasil ini tentulah mengindikasikan kesimpulan berbeda, namun kami memutuskan untuk

menyimpulkan berdasarkan grafik *CUSUM* yang mengindikasikan bahwa data seri pada model stabil sepanjang periode jangka panjang.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang mungkin dapat menjadi masukan pada penelitian mendatang. Pertama adalah data seri waktu yang digunakan dalam penelitian ini adalah data tahunan yang hanya sepanjang periode 40 tahun. Penelitian mendatang disarankan untuk menggunakan data seri waktu dengan frekuensi yang lebih panjang (>80). Kedua, penelitian ini hanya mengkaji dampak pertumbuhan GDP perkapita, pengeluaran konsumsi akhir rumah tangga, keterbukaan perdagangan, dan laju pertumbuhan populasi perkotaan terhadap pertumbuhan konsumsi energi akhir rumah tangga. Oleh sebab itu diharapkan penelitian mendatang dapat menyelidiki hubungan kausalitas dari indikator-indikator tersebut dan mungkin menambahkan indikator/variable lainnya yang dipertimbangkan memiliki keterkaitan dengan indikator-indikator yang digunakan dalam penelitian ini.

Penelitian kami mengungkapkan bukti bahwa pertumbuhan PDB perkapita, keterbukaan perdagangan, dan pertumbuhan laju populasi perkotaan memiliki dampak signifikan terhadap konsumsi energi akhir pada sektor perumahan, sementara pengeluaran konsumsi akhir rumah tangga tidak memiliki dampak signifikan terhadap konsumsi energi akhir pada sektor perumahan. Pertama, hasil penelitian kami menunjukkan bahwa pertumbuhan PDB perkapita dan keterbukaan perdagangan memiliki peran positif dan mendorong semakin meningkatnya konsumsi energi akhir perumahan di Indonesia. Berkaitan temuan ini, kami berpendapat bahwa kebijakan konservasi energi pada sektor ini mungkin dapat diterapkan secara bertahap dalam upaya mengontrol laju pertumbuhan konsumsi komoditas energi

dari fosil pada sektor ini yang selain ketersediaannya semakin terbatas, tidak ramah lingkungan, juga diprediksi harganya akan terus meningkat di masa depan.

Kedua, hasil kami menunjukkan bahwa pertumbuhan laju populasi perkotaan memiliki besar andil dalam mengontrol dan mengurangi jumlah konsumsi energi akhir pada sektor perumahan di Indonesia, baik dalam jangka panjang dan maupun jangka pendek. Berkaitan temuan ini, kami berasumsi ada dua hal yang mungkin menjadi penyebab kondisi ini terjadi. Pertama, semakin meningkatnya migrasi penduduk desa ke kota tidak serta merta menyebabkan bertambahnya jumlah tempat tinggal, sehingga jumlah konsumsi energi perumahan di perkotaan tidak mengalami peningkatan signifikan meski urbanisasi terus meningkat. Kedua, sebagai akibat migrasi penduduk desa ke kota, jumlah konsumsi perumahan di pedesaan semakin berkurang secara bertahap dan hal ini tentunya mempengaruhi dan mengurangi laju total konsumsi energi final pada sektor perumahan di Indonesia.

PENUTUP

Berdasarkan hasil temuan kami, maka kami menyimpulkan bahwa pertumbuhan pendapatan penduduk yang dicerminkan oleh PDB perkapita dan keterbukaan perdagangan yang dicerminkan oleh persentase perdagangan dalam struktur PDB memiliki kontribusi yang besar terhadap laju konsumsi energi final pada sektor perumahan di Indonesia. Kebijakan konservasi energi dan pengurangan emisi yang berasal dari penggunaan energi fosil mungkin harus dipertimbangkan untuk diterapkan pada sektor ini. Selain itu, penyediaan komoditas energi yang ekonomis, efisien dan ramah lingkungan tentunya harus terus didorong dan dikembangkan maksimal dalam upaya menghadapi tantangan peningkatan kebutuhan energi

domestik di masa depan. Oleh sebab itu diharapkan temuan dan rekomendasi dari penelitian ini dapat berguna bagi pemerintah dan para penentu keputusan di Indonesia dalam upaya menentukan kebijakan dan strategi yang tepat untuk menghadapi tantangan peningkatan kebutuhan energi pada sektor perumahan di Indonesia pada masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrahamse, W., and Steg, L. (2011). Factors related to household energy use and intention to reduce it: The role of psychological and socio-demographic variables. *Human Ecology Review*, 18(1): 30-40.
- Auffhammer, M., and Wolfram, C. D. (2014). Powering up China: Income Distributions and Residential Electricity Consumption. *American Economic Review*, 104(5): 575–580.
- Aydin, E., & Brounen, D. (2019). The impact of policy on residential energy consumption. *Energy*, 169, 115-129. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.030>
- Azam, M., Khan, A. Q., Zaman, K., and Ahmad, M. (2015). Factors determining energy consumption: Evidence from Indonesia, Malaysia and Thailand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42:1123-1131.
- Bhattacharyya, S. C. (2011). *Energy Economics: Concepts, Issues, Markets and Governance*. Springer-Verlag London Limited 2011. <https://doi.org/10.1007/978-0-85729-268-1>
- Brown, R. L., Durbin, J., and Evans, J. M. (1975). Techniques for Testing the Constancy of Regression Relationships Over Time. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 37(2):149–192.
- Chang, C. C. (2010). A multivariate causality test of carbon dioxide emissions, energy consumption and economic growth in China. *Applied Energy*, 87(11):3533-3537.
- Dickey, D. A., and Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(336):427-431.
- Dogan, E., and Turkekul, B. (2016). CO2 emissions, real output, energy consumption, trade, urbanization and financial development: testing the EKC hypothesis for the USA. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(2): 1203-1213.
- Fatai, K., Oxley, L., and Scrimgeour, F. (2004). Modelling the Causal Relationship Between Energy Consumption and GDP in New Zealand, Australia, India, Indonesia, The Philippines and Thailand. *Mathematics and Computers in Simulation*, 64 (3-4): 431-445.
- Frederiks, E. R., Stenner, K., & Hobman, E. V. (2015). The socio-demographic and psychological predictors of residential energy consumption: A comprehensive review. *Energies*, 8: 573-609.
- Fumo, N., and Biswas, M. (2015). Regression analysis for prediction of residential energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47: 332-343.
- Gertler, P., Shelef, O., Wolfram, C., and Fuchs, A. (2016). The Demand for Energy-Using Assets among the World's Rising. *American Economic Review*, 106(6): 1366-1401.
- Hu, S., Yan, D., Guo, S., Cui, Y., and Dong, B. (2017). A survey on energy

- consumption and energy usage behavior of households and residential building in urban China. *Energy and Buildings*, 148 (2017): 366-378.
- Kasman, A., and Duman, Y. S. (2015). CO2 emissions , economic growth , energy consumption , trade and urbanization in new EU member and candidate countries : A panel data analysis. *Economic Modelling*, 44:97-103.
- Kraft, J., and Kraft, A. (1978). On the Relationship Between Energy On the Relationship Between Energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 3(2): 401-403.
- Mills, B., and Schleich, J. (2012). Residential energy-efficient technology adoption, energy conservation, knowledge, and attitudes: An analysis of European countries. *Energy Policy*, 49: 616-628.
- Narayan, P. K. (2005). The saving and investment nexus for China: Evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, 37(17): 1979-1990.
- Nie, H., Kemp, R., Xu, J., Vasseur, V., and Fan, Y. (2018). Drivers of urban and rural residential energy consumption in China from the perspectives of climate and economic effects. *Journal of Cleaner Production*, 172: 2954-2963.
- Nugraha, A. T., & Osman, N. H. (2017). The energy-economic Growth Nexus in Indonesia. *Journal of Business Management and Accounting*, 7(2): 61-76.
- Nugraha, A. T., & Osman, N. H. (2018). The environmental study on causality relationship among energy consumption, CO2 emissions, the value added of development sectors and household final consumption expenditure in Indonesia. *Ekoloji*, 27(106): 837-852.
- Nugraha, A. T., & Osman, N. H. (2019). CO2 emissions, economic growth, energy consumption, and household expenditure for Indonesia: Evidence from cointegration and vector error correction model. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(1): 291-298
- Pesaran, M. H., & Shin, Y. (1998). An Autoregressive Distributed-Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis. *Econometric Society Monographs*, 31: 371-413.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Autoregressive Distributed Lag (ARDL) cointegration technique : application and interpretation. *Journal of Statistical and Econometric Methods*, 5(3): 63-91.
- Romero, Pablo M., Barajas, Pozo, R., & Yñiguez, R. (2017). Global changes in residential energy consumption. *Energy Policy*, 101: 342-352.
- Sukarno, I., Matsumoto, H., & Susanti, L. (2017). Household lifestyle effect on residential electrical energy consumption in Indonesia: On-site measurement methods. *Urban Climate*, 20: 20-32.
- Wilson, C., & Dowlatabadi, H. (2007). Models of decision making and residential energy use. *Annual Review of Environment and Resources*, 32:169-203.
- Zhang, W., Robinson, C., Guhathakurta, S., Garikapati, V., Dilkina, B., Brown, M., & Pendyala, R. (2018). Estimating residential energy consumption in metropolitan areas: A microsimulation approach. *Energy*, 155: 162-173.

Zhao, H., & Magoulès, F. (2012). A review on the prediction of building energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16: 3586-3592.