

# Sampah Padat, Emisi Gas Karbondioksida, dan Produk Domestik Bruto

<sup>1</sup>Akhmad Khabibi, <sup>2</sup>Dhian Adhetya Safitra

<sup>1&2</sup>Politeknik Keuangan Negara STAN

Email : <sup>1</sup>akhabibi@kemenkeu.go.id, <sup>2</sup>dhian.safitra@pknstan.ac.id

## ARTICLE INFO

## ABSTRACT

### Keywords

solid waste, carbondioxide emission, gross domestic product, Fixed Effect Model

*Solid waste and carbondioxide emission gradually become a threat to the sustainability of humanity. Negative externalities from the existence of solid waste and air pollution can threaten the environmental sustainability. Does the threat to environmental sustainability affect economic growth in a country? With panel data obtained from the OECD and the World Bank, researchers then analyzed using the Fixed Effect Model (FEM) to identify the impact of solid waste and air pollution on Gross Domestic Product (GDP) in countries in Europe and Asia Pacific. The results of this study indicate that there is a significant and positive relationship between GDP and solid waste and carbon dioxide emissions.*

## PENDAHULUAN

Perubahan iklim, kerusakan alam, dan penurunan kualitas lingkungan telah menarik perhatian yang serius dari masyarakat, pemerintah, dan korporasi. Bagi masyarakat dunia, ternyata banyaknya tanda-tanda kasat mata akibat pemanasan global telah meningkatkan kesadaran mereka akan kerusakan alam (Ballew, et al., 2019). Akibatnya, fenomena perubahan iklim tersebut telah meningkatkan kekhawatiran masyarakat dunia akan risiko yang akan timbul akibat perubahan iklim tersebut (Deeg, Leiserowitz, Maibach, Kotcher, & Marlon, 2019). Dua hal utama yang menjadi penyebab fenomena perubahan iklim dan kerusakan alam adalah polusi yang diakibatkan oleh sampah padat serta polusi yang disebabkan oleh emisi gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) atau yang dikenal sebagai gas rumah kaca.

Sampah padat merupakan produk sampingan dari aktivitas domestik masyarakat dan pabrik yang biasanya dikaitkan dengan dari negara manakah pendapatan tersebut dihasilkan (Loureiro, Rovere, & Mahler, 2013). Menurut World Bank, negara dengan pendapatan per kapita terbesar, juga menjadi negara yang menghasilkan sampah padat per kapita terbesar. Sebaliknya, negara dengan pendapatan per kapita lebih kecil akan menghasilkan sampah padat per kapita lebih kecil pula. Beberapa peneliti telah menganalisis hubungan antara sampah dengan PDB. Misalnya pada Tiongkok, selama beberapa dekade ini, ekonomi Tiongkok telah tumbuh pesat menjadi negara dengan kekuatan ekonomi terbesar kedua di dunia dilihat dari PDB-nya. Namun di sisi lain, Tiongkok juga menjadi negara terbesar yang menghasilkan sampah padat (Chen, Pang, Zhang, & Li, 2014). Dampak buruk sampah padat ternyata tidak sebatas pada menurunnya kualitas tanah dan air saja, tetapi sampah padat juga dapat menghasilkan emisi gas karbondioksida yang akan semakin memperburuk kualitas udara (Talaiekhosani, Bagheri, Najafabadi, & Borna, 2016).

Di sisi lain, kerusakan alam dan perubahan iklim juga disebabkan karena polusi udara yang disebabkan karena emisi gas rumah kaca atau karbondioksida (CO<sub>2</sub>) itu sendiri. Berdasarkan laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), emisi gas rumah kaca pada tahun 2010 telah meningkat hingga 330% di Asia, 70% di Timur Tengah dan Afrika, 57% di Amerika Latin, 22% di negara anggota *Economic Co-operation and Development* (OECD), dan 4% negara transisi (IPCC, 2014). Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya polusi gas rumah kaca diantaranya produksi per kapita, pertumbuhan konsumsi, pertumbuhan populasi, teknologi, keusangan inovasi, perilaku dan pemilihan infrastruktur (Sarkodie & Strezov, 2019). Emisi karbondioksida pada rentang tahun 2000-2010 mayoritas berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, yaitu sebesar 78% dari total emisi gas rumah kaca (Blanco, et al., 2014). Emisi gas rumah kaca yang berasal dari bahan bakar fosil selalu meningkat selama 40 tahun terakhir.

Walaupun hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi sangat kompleks, akan tetapi, penyediaan energi dan layanan terkaitnya sangat penting untuk pembangunan ekonomi (Sarkodie & Strezov, 2019).

Sebagaimana telah disebutkan di atas, fenomena perubahan iklim dan kerusakan alam yang disebabkan karena sampah padat dan emisi gas rumah kaca tersebut ternyata menarik perhatian para peneliti di bidang ekonomi. Terkait hubungan antara pertumbuhan ekonomi dengan produksi sampah padat, metode yang sering digunakan oleh peneliti adalah analisis rentang waktu (*time series*), model data panel, dan model dinamis gray fuzzy yang dikembangkan oleh Chen & Chang (2000). Pada tahun 2016, Lee, Kim, & Chong (2016) menggunakan *Granger Causality test* untuk menganalisis hubungan antara sampah padat dengan pertumbuhan ekonomi Amerika Serikat. Hasilnya, tidak ada bukti empiris bahwa kedua variabel tadi memiliki hubungan sebab akibat. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Jaligot & Chenal (2018) yang menggunakan data panel untuk mengukur berbagai macam variabel lingkungan dan PNB, dan hasilnya, tidak ada bukti yang cukup bahwa ada hubungan sebab akibat antara variabel-variabel yang ada pada model tersebut.

Sebaliknya, Inglezakis, et al., (2018) menemukan bukti adanya keterlepasan (*decoupling*) antara produksi limbah padat dan PDB pada negara Uni Eropa. Pada data yang dianalisis, produksi limbah pada negara-negara Uni Eropa stagnan, tetapi PDB mengalami pertumbuhan sebesar 17%. Hal yang sama juga ditemukan oleh Zhang, et al., (2015) yang membuktikan bahwa variabel kerusakan lingkungan dan pertumbuhan ekonomi di Tiongkok tidak saling mempengaruhi.

Sementara itu, kebanyakan studi yang meneliti hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan polusi udara berfokus pada polusi oleh gas karbondioksida yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil (Salahuddin, Gow, & Ozturk, (2015), Wang et al., (2016). Penelitian-penelitian berikut dilakukan dengan menggunakan analisis data panel dan rentang waktu dengan variabel polusi, konsumsi energi, dan variabel ekonomi makro. Remuzgo & Sarabia (2015) mengungkapkan bahwa pertumbuhan ekonomi telah menurunkan tingkat polusi gas rumah kaca sebesar 22%. Sementara itu, Wang, et al., (2016) menemukan bahwa peningkatan emisi karbondioksida berpengaruh kecil terhadap PDB dan konsumsi energi. Pada Amerika Serikat, Tiongkok, Jepang, dan India, Azam, et al., (2016) menemukan bahwa ada hubungan positif yang signifikan antara polusi karbondioksida dan pertumbuhan ekonomi.

Studi literatur yang telah dilakukan menunjukkan variasi hubungan antara variabel ekonomi makro, yaitu PDB, dan variabel kerusakan alam, yaitu produksi sampah padat dan polusi karbondioksida. Dapat memahami hubungan dan proses yang dinamis antara aktivitas ekonomi, produksi sampah padat, dan polusi udara adalah hal yang sangat penting bagi pemerintah, baik di tingkat pusat maupun di tingkat daerah agar mereka dapat mengambil kebijakan yang holistik untuk menentukan kebijakan yang secara bersamaan memiliki dimensi ekonomi dan kelestarian lingkungan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya khazanah ilmu ekonomi dan kaitannya dengan kelestarian alam.

Pada bab selanjutnya pada penelitian ini, peneliti akan membahas hal sebagai berikut. Pada bagian 2, peneliti akan menjelaskan model ekonometri dan spesifikasi yang digunakan pada penelitian ini

## METODOLOGI

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data panel 34 negara OECD dari rentang tahun 1995 s.d. 2014. Pemilihan rentang waktu mempertimbangkan ketersediaan data. Data PDB dan produksi karbondioksida didapat pada bank data situs World Bank, dan produksi sampah padat diperoleh dari bank data situs OECD. Model yang digunakan adalah *Fixed Effect Model* (FEM). Dalam model ini, PDB adalah fungsi dari produksi sampah padat dan CO<sub>2</sub>. Model ini diharapkan dapat menjawab pertanyaan penelitian. Model dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$\ln PDB_{it} = \alpha_{0i} + \beta_1 \ln WAS_{it} + \beta_2 \ln CO_{it} + \varepsilon_{it} \quad \dots\dots\dots (1)$$

di mana  $\ln PDB$  adalah logaritma natural dari PDB,  $\ln WAS$  adalah logaritma natural dari *waste* atau sampah padat yang dihasilkan rumah tangga, dan  $\ln CO$  adalah logaritma natural dari jumlah gas buang CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh industri

Penelitian ini menggunakan regresi data panel untuk mengetahui hubungan produksi sampah padat dengan gas CO<sub>2</sub> terhadap PDB. Setelah melakukan uji *Hausman, Flix Effect Model* (FEM) digunakan untuk menginterpretasikan model. Karena yang terpilih adalah FEM, maka dilakukan uji asumsi klasik. Variabel menggunakan *log transformation double log*, memperhatikan satuan hitung tiap variabel yang berbeda dan memudahkan dalam menginterpretasikannya dalam bentuk elastisitas (Benoit, 2011).

Setelah masalah heteroskedastisitas dan autokorelasi ditangani, uji selanjutnya adalah [1] uji F untuk melihat signifikansi model, [2] uji t untuk melihat signifikansi tiap variabel independen mempengaruhi variabel dependen, dan [3] uji koefisien determinasi, untuk melihat seberapa besar variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen (Ekananda, 2018).

## PEMBAHASAN

Dari hasil regresi data panel, model yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$\ln PDB = 17,25 + 0.57 * \ln WAS + 0.38 * \ln CO + \varepsilon \quad \dots\dots\dots (2)$$

dengan signifikansi hubungan variabel independen sebagai berikut:

**Tabel 1 Variabel Independen Model Regresi**

| Variabel | Koefisien Variabel |     |     |
|----------|--------------------|-----|-----|
| lnWAS    | +                  | .57 | *** |
| lnCO     | -                  | .38 | *** |

Untuk menentukan metode estimasi mana yang digunakan, maka akan dilakukan serangkaian uji. Yang pertama dilakukan adalah Uji Chow (Chow Test) ini bertujuan untuk melihat apakah model yang digunakan sebaiknya diestimasi menggunakan Pooled Least Square atau Fixed. Dalam uji Chow  $H_0$  ditolak dimana model yang cocok adalah model FEM ditandai dengan nilai Prob > F lebih kecil dari alpha 0.05 atau sebesar 0.0000, sehingga model yang dipilih adalah FEM. Output Uji Chow dapat di lihat pada Lampiran 3.

Dikarenakan pada Uji Chow memilih model FEM ketimbang PLS, maka dilanjutkan Uji Hausman. Uji ini bertujuan untuk melihat apakah model yang digunakan sebaiknya diestimasi menggunakan FEM atau REM. Pengujian menggunakan STATA memberikan hasil dimana Prob>Chi2 bernilai 0.000 atau bernilai dibawah alpha 0.05 yang berarti  $H_0$  ditolak sehingga model yang cocok adalah model FEM sebagaimana dapat dilihat pada lampiran 5. Karena hasil Uji Hausman mengarahkan ke model FEM, maka Lagrange Multiple Test atau Uji LM untuk menentukan antara model REM atau PLS yang digunakan tidak dilakukan pada penelitian ini.

Dari hasil uji, penelitian ini menggunakan FEM, sehingga perlu dilakukan uji asumsi klasik antara lain Uji Multikolinieritas, Uji Heteroskedastisitas, dan Uji Autokorelasi. Dari hasil uji asumsi klasik, data yang digunakan mengalami masalah heteroskedastisitas dan autokorelasi. Untuk menangani masalah ini, metode yang dipakai adalah dengan menggunakan pendekatan *rogers* dan *clustered standard errors* (Hoechle, 2007).

Setelah masalah heteroskedastisitas dan autokorelasi dapat teratasi, maka dilakukan uji kelayakan model, baik Uji F, Uji t, dan Uji *Goodness of Fit*. Hasil Uji F menyatakan bahwa variabel independen secara bersama-sama mempengaruhi variabel dependen. Hasil Uji t pun memberikan hasil yang sama dengan penelitian-penelitian terdahulu, bahwa, variabel sampah padat dan emisi gas buang secara individu mempengaruhi signifikan PDB. Hasil uji *goodnes of fit* memberikan tambahan informasi, bahwa model yang digunakan, variabel independen hanya mampu menerangkan variabel dependen sebesar 18,14%. Hal ini menggambarkan bahwa ada sekitar 81,86% variabel lain yang tidak ada pada model yang mempengaruhi variabel dependen.

Banyak penelitian yang meneliti hubungan sampah padat atau emisi gas buang dengan variabel ekonomi seperti konsumsi, GDP, konsumsi energi. Kebanyakan penelitian fokus dalam pembuktian kurva kuznet yang menggambarkan bahwa untuk negara-negara ber PDB kecil, peningkatan produksi sampah padat dan emisi gas buang CO2 berbanding lurus dengan besarnya PDB dan pada negara-negara maju, berlaku sebaliknya. Sayangnya, penelitian-penelitian tersebut dilakukan dengan skala lokal. Dengan menggunakan data dari World Bank dan OECD, dari 34 negara anggota OECD, dari tahun 1995 hingga 2014, kita dapat melihat hubungan yang signifikan dan positif antara produksi sampah padat dan emisi gas buang karbondioksida.

Yang perlu menjadi perhatian adalah hasil dari analisis regresi yang menyatakan bahwa setiap kenaikan 1% produksi sampah padat, PDB hanya naik sebesar 0.57%, sedangkan setiap kenaikan 1% produksi emisi gas buang karbondioksida, PDB hanya naik sebesar 0.38%. Sampah dan gas buang yang dihasilkan dari produksi dan konsumsi negara-negara yang diteliti ternyata lebih laju bila dibandingkan dengan kenaikan PDB.

## KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk memeriksa hubungan antara PDB, produksi sampah padat, dan emisi gas karbondioksida pada 34 diantara negara anggota OECD dan Asia Pasifik. Untuk itu, peneliti menganalisis data tahunan pada periode 1995 sampai 2014 dengan menggunakan model FEM. Hasil dari penelitian ini menunjukkan hubungan yang signifikan dan positif antara PDB dengan produksi sampah padat dan emisi gas buang karbondioksida. Di samping itu, penelitian ini juga menunjukkan laju sampah dan gas buang yang dihasilkan dari produksi dan konsumsi negara-negara yang diteliti ternyata lebih laju bila dibandingkan dengan kenaikan PDB-nya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azam, M., Khan, A. Q., Bin Abdullah, H., & Qureshi, M. E. (2016). The impact of CO2 emissions on economic growth: evidence from selected higher CO2 emissions economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 6376–6389.
- Ballew, M. T., Leiserowit, A., Roser-Renouf, C., Rosenthal, S. A., Kotcher, J. E., Marlon, J. R., . . . Goldberg, M. H. (2019). Climate Change in the American Mind: Data, Tools, and Trends. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 4-18.
- Benoit, K. (2011). Linear regression models with logarithmic transformations. *London School of Economics, London*, 22(1), 23-36.
- Blanco, G., Gerlagh, R., Suh, S., Barret, J., de Coninck, H., Morejon, C., . . . Nakicenovic, N. (2014). Drivers, trends and mitigation. In G. Blanco, R. Gerlagh, S. Suh, J. Barret, H. de Coninck, C. Morejon, . . . N. Nakicenovic, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. IPCC Working Group III Contribution to AR5* (pp. 351-412). Cambridge: Cambridge University Press.
- Chen, H., & Chang, N. (2000). Prediction Analysis of Solid Waste Generation Based on Grey Fuzzy Dynamic Modeling. *Resources, Conservation and Recycling*, 1-18.
- Chen, X., Pang, J., Zhang, Z., & Li, H. (2014). Sustainability Assessment of Solid Waste Management in China: A Decoupling and Decomposition Analysis. *Sustainability*, 9268{9281.
- Deeg, K. S., Leiserowitz, A., Maibach, E., Kotcher, J., & Marlon, J. (2019). *Who is changing their mind about global warming and why?* New Haven: Yale Program on Climate Change Communication.
- Ekananda, M. (2018). Analisis Ekonometrika Keuangan Buku 1: Untuk Penelitian Bisnis Dan Keuangan Menggunakan EViews Dan Stata.
- Hoechle, D. (2007). Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence. *The stata journal*, 7(3), 281-312.
- Howe, P. D., Marlon, J. R., Mildenberger, M., & Shield, B. S. (2019). How will climate change shape climate opinion? *Environmental Research Letters*, 14(11), 113001.
- Inglezakis, V., Zorpas, A., Venetis, C., Loizidou, M., Moustakas, K., Ardeleanu, N., . . . Dvorsak, S. (2018). Municipal Solid Waste Generation and Economic Growth Analysis for the Years 200-2013 in Romani, Bulgaria, Slovenia, and Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 260{266.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Geneva: IPCC.
- Jaligot, R., & Chenal, J. (2018). Decoupling Municipal Solid Waste Generation and Economic Growth in the Canton of Vaud, Switzerland. *Resources, Conservation and Recycling*, 260-266.
- Lee, S., Kim, J., & Chong, W. (2016). The Causes of the Municipal Solid Waste and the Greenhouse Gas Emissions from the Waste Sector in the United States. *Procedia Engineering*, 1074{1079.
- Loureiro, S., Rovere, E., & Mahler, C. (2013). Analysis of potential for reducing emissions of greenhouse gases in municipal solid waste in Brazil, in the state and city of Rio de Janeiro. *Waste Management*, 1302-1312.

- Remuzgo, L., & Sarabia, J. M. (2015). International inequality in CO2 emissions: A new factorial decomposition based on Kaya factors. *Environmental Science & Policy*, 15-24.
- Salahuddin, M., Gow, J., & Ozturk, I. (2015). Is the long-run relationship between economic growth, electricity consumption, carbon dioxide emissions and financial development in gulf cooperation council countries robust? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 317–326.
- Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2019). A Review on Environmental Kuznets Curve Hypothesis using Bibliometric and Meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 128-145.
- Talaiekhosani, A., Bagheri, M., Najafabadi, N. R., & Born, E. (2016). Effect of Nearly One Hundred Percent of Municipal Solid Waste Recycling In Najafabad City on Improving of Its Air Quality. *Journal of Air Pollution and Health*, 111-122.
- Wang, S., Li, Q., Fang, C., & Zhou, C. (2016). The relationship between economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: empirical evidence from China. *Science of The Total Environment*, 360–371.
- Zhang, Z., Chen, X., Heck, P., Xue, B., & Liu, Y. (2015). Empirical Study on the Environmental Pressure Versus Economic Growth in China During 1991-2012. *Resources Conservation and Recycling*, 182-193.

## LAMPIRAN

### Chow Test

```
. xtreg lnPDB lnWAS lnCO, fe
```

```
Fixed-effects (within) regression
Group variable: Id_Negara
```

```
Number of obs   =       700
Number of groups =        35
```

```
R-sq:
```

```
within  = 0.1814
between = 0.1357
overall  = 0.1360
```

```
Obs per group:
```

```
min   =    20
avg   =   20.0
max   =    20
```

```
corr(u_i, Xb) = -0.2171
```

```
F(2,663)      =    73.45
Prob > F      =    0.0000
```

| lnPDB   | Coef.     | Std. Err.                         | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |          |
|---------|-----------|-----------------------------------|-------|-------|----------------------|----------|
| lnWAS   | .5691133  | .0588279                          | 9.67  | 0.000 | .4536019             | .6846248 |
| lnCO    | .3797696  | .0573635                          | 6.62  | 0.000 | .2671336             | .4924056 |
| _cons   | 17.25102  | .8016915                          | 21.52 | 0.000 | 15.67685             | 18.82518 |
| sigma_u | 1.5674628 |                                   |       |       |                      |          |
| sigma_e | .16142207 |                                   |       |       |                      |          |
| rho     | .98950579 | (fraction of variance due to u_i) |       |       |                      |          |

```
F test that all u_i=0: F(34, 663) = 239.99
```

```
Prob > F = 0.0000
```

```
.
. // Apabila P Value (Prob>F) < Alpha 0.05 maka H1 diterima artinya pilihan terbaik adalah Fixed Effect,
. // yaitu dengan cara melihat nilai prob F yang paling bawah pada hasil output Fixed Effect.
```

### Hausman Test

```
. quietly xtreg lnPDB lnWAS lnCO, fe
. estimates store fe
. quietly xtreg lnPDB lnWAS lnCO, re
. estimates store re
. hausman fe re
```

|       | Coefficients |           | (b-B)<br>Difference | sqrt(diag(V_b-V_B))<br>S.E. |
|-------|--------------|-----------|---------------------|-----------------------------|
|       | (b)<br>fe    | (B)<br>re |                     |                             |
| lnWAS | .5691133     | .2510045  | .3181088            | .0370909                    |
| lnCO  | .3797696     | .6961896  | -.31642             | .0358431                    |

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg  
B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

```
chi2(2) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
        = 116.01
Prob>chi2 = 0.0000
```

### Uji Asumsi Klasik

#### Uji Multikolinearitas

```
> ///// MULTIKOL
>
. quietly xtreg lnPDB lnWAS lnCO, fe
. vif, uncentered
```

| Variable | VIF   | 1/VIF    |
|----------|-------|----------|
| lnCO     | 16.09 | 0.062149 |
| lnWAS    | 16.09 | 0.062149 |
| Mean VIF | 16.09 |          |

```
.
. ///// --> > 10 atau < 0.01 --> multikol
```

### Uji Heterokedastisitas

```
. /// UJI HETERO
> //ssc install xttest3
.
. xtreg lnPDB lnWAS lnCO, fe
```

Fixed-effects (within) regression  
Group variable: Id\_Negara

Number of obs = 700  
Number of groups = 35

R-sq:

within = 0.1814  
between = 0.1357  
overall = 0.1360

Obs per group:

min = 20  
avg = 20.0  
max = 20

corr(u\_i, Xb) = -0.2171

F(2,663) = 73.45  
Prob > F = 0.0000

| lnPDB   | Coef.     | Std. Err.                         | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |          |
|---------|-----------|-----------------------------------|-------|-------|----------------------|----------|
| lnWAS   | .5691133  | .0588279                          | 9.67  | 0.000 | .4536019             | .6846248 |
| lnCO    | .3797696  | .0573635                          | 6.62  | 0.000 | .2671336             | .4924056 |
| _cons   | 17.25102  | .8016915                          | 21.52 | 0.000 | 15.67685             | 18.82518 |
| sigma_u | 1.5674628 |                                   |       |       |                      |          |
| sigma_e | .16142207 |                                   |       |       |                      |          |
| rho     | .98950579 | (fraction of variance due to u_i) |       |       |                      |          |

F test that all u\_i=0: F(34, 663) = 239.99

Prob > F = 0.0000

```
. xttest3
```

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity  
in fixed effect regression model

H0:  $\sigma(i)^2 = \sigma^2$  for all i

chi2 (35) = 7819.38  
Prob>chi2 = 0.0000

```
.
. /// --> Prob Chi < 0.05 ---> Hetero
```

## Uji Autokolinearitas

```
. ///// UJI AUTOKOL
> //ssc install xtserial
. xtserial lnPDB lnWAS lnCO
```

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first-order autocorrelation

F( 1, 34) = 1970.179

Prob > F = 0.0000

```
. ///// AUTOKOL ---> Prob Chi < 0.05
```

```
>
```

```
. ///// Masalah hetero dan autokol ditangani dengan
```

```
> //Untuk menangani data yang terkena masalah heteroskedastisitas dan autokorelasi
```

```
. // maka penanganannya dilakukan dengan pendekatan
```

```
. //Rogers atau clustered standard errors
```

```
. xtreg lnPDB lnWAS lnCO, fe vce (robust)
```

## Regresi with VCE robust

```
. xtreg lnPDB lnWAS lnCO, fe vce (robust)
```

Fixed-effects (within) regression

Group variable: Id\_Negara

Number of obs = 700

Number of groups = 35

R-sq:

within = 0.1814

between = 0.1357

overall = 0.1360

Obs per group:

min = 20

avg = 20.0

max = 20

F(2,34) = 8.11

Prob > F = 0.0013

corr(u\_i, Xb) = -0.2171

(Std. Err. adjusted for 35 clusters in Id\_Negara)

| lnPDB   | Coef.     | Robust<br>Std. Err.               | t    | P> t  | [95% Conf. Interval] |          |
|---------|-----------|-----------------------------------|------|-------|----------------------|----------|
| lnWAS   | .5691133  | .1797267                          | 3.17 | 0.003 | .2038648             | .9343619 |
| lnCO    | .3797696  | .180061                           | 2.11 | 0.042 | .0138416             | .7456975 |
| _cons   | 17.25102  | 2.432572                          | 7.09 | 0.000 | 12.30743             | 22.1946  |
| sigma_u | 1.5674628 |                                   |      |       |                      |          |
| sigma_e | .16142207 |                                   |      |       |                      |          |
| rho     | .98950579 | (fraction of variance due to u_i) |      |       |                      |          |