JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA & KOMPUTASI E-ISSN: 2614-8811
https://journal.unhas.ac.id/index.php/jmsk/index
Vol. 18, No. 3, 484-491, May, 2022
DOI: 10.20956/j.v18i3.20574

Estimation of Dynamic Panel Data Regression Parameters Using Generalized Methods of Moment

Estimasi Parameter Regresi Data Panel Dinamis dengan Metode *Generalized Methods of Moment*

Nur Aminah Ahmad[*1], **Georgina M. Tinungki**[*2], **Nurtiti Sunusi**[*3]

Abstract

Panel data is a combination of cross section and time series. There are two panel data models, namely static and dynamic panel data. Because seeing the advantages of the dynamic panel data model which is able to overcome endogeneity problems related to the use of the dependent variable lag where in the static panel data model the use of the dependent variable lag causes the estimation results to be biased and inconsistent, so the author examines the dynamic panel data regression model. In the dynamic data model there is a lag of the dependent variable, this variable is correlated with error. Thus, estimation using OLS will result in a biased and inconsistent estimator. To overcome this, the dynamic panel data model can be estimated using the GMM Blundell-Bond approach. Based on the discussion, the parameter estimation formula for dynamic panel data regression using the Blundell-Bond GMM approach is as follows:

$$\begin{pmatrix}\hat{\boldsymbol{\beta}}\\ \hat{\boldsymbol{\delta}}\end{pmatrix} = \left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\begin{pmatrix}\Delta \boldsymbol{y}_{i,t-1}, \Delta \boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1}, \boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{\Psi}}^{-1}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\begin{pmatrix}\Delta \boldsymbol{y}_{i,t-1}, \Delta \boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1}, \boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\right)\right]^{-1}$$
$$\left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\begin{pmatrix}\Delta \boldsymbol{y}_{i,t-1}, \Delta \boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1}, \boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{\Psi}}^{-1}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{\varphi}_i\right)\right]$$

Keywords: Panel Data Regression, Dynamic Panel Data Regression, Generalized Methods of Moment.

Abstrak

Data panel merupakan gabungan dari *cross section* dan *time series*. Terdapat dua model data panel yaitu data panel statis dan dinamis. Karena melihat keunggulan model data panel dinamis yang sanggup mengatasi masalah *endogenitas* terkait penggunaan *lag* variabel dependen dimana pada model data panel statis penggunaan *lag* variabel dependen menyebabkan hasil estimasi menjadi bias dan tidak konsisten sehingga penulis meneliti tentang model regresi data panel dinamis. Pada model data dinamis terdapat *lag* dari variabel dependen, variabel ini berkorelasi dengan *error*. Maka, estimasi

[*] *Program Studi Magister Statistika, FMIPA-UNHAS,*
Email address: [1]*nuraminah0798@gmail.com*, [2]*georgina@unhas.ac.id*, [3]*nurtitisunusi@unhas.ac.id*

menggunakan OLS akan menghasilkan estimator yang bias dan tidak konsisten. Untuk mengatasi hal tersebut, model data panel dinamis dapat diestimasi dengan pendekatan GMM Blundell-Bond. Berdasarkan pembahasan diperoleh rumus estimasi parameter regresi data panel dinamis dengan pendekatan GMM Blundell-Bond adalah sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix}\widehat{\boldsymbol{\beta}}\\ \widehat{\boldsymbol{\delta}}\end{pmatrix} = \left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\begin{pmatrix}\Delta\boldsymbol{y}_{i,t-1},\Delta\boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1},\boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{\Psi}}^{-\mathbf{1}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\begin{pmatrix}\Delta\boldsymbol{y}_{i,t-1},\Delta\boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1},\boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\right)\right]^{-\mathbf{1}}$$
$$\left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\begin{pmatrix}\Delta\boldsymbol{y}_{i,t-1},\Delta\boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1},\boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{\Psi}}^{-\mathbf{1}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{\varphi}_i\right)\right]$$

Kata Kunci: Regresi Data Panel, Regresi Data Panel Dinamis, *Generalized Methods of Moment*.

1. PENDAHULUAN

Data panel merupakan gabungan dari data time series dengan data cross section, dimana pengamatan dari sejumlah individu dikumpulkan menurut periode waktu tertentu. Ada beberapa manfaat menggunakan data panel, yaitu data bersifat heterogen, lebih informatif, bervariasi, derajat bebas lebih besar, lebih efisien dan meminimalisasi bias [1]. Penelitian terdahulu dilakukan oleh Jintan [2] menggunakan regresi data panel dengan pendekatan *fixed effect model*. Penelitian tersebut menggunakan regresi data panel, sehingga hanya didapatkan model yang statis. Sedangkan variable-variabel ekonomi banyak yang bersifat dinamis. Analisis data panel yang lebih sesuai untuk menggambarkan kedinamisan adalah regresi data panel dinamis.

Pada model data dinamis terdapat *lag* dari variabel dependen, variabel ini berkorelasi dengan *error*. Maka, estimasi menggunakan OLS akan menghasilkan estimator yang bias dan tidak konsisten. Untuk mengatasi hal tersebut, model data panel dinamis dapat diestimasi dengan pendekatan *Generalized Method of Moment* (GMM). Anderson dan Hsiao [3] menyarankan untuk menggunakan metode estimasi variabel instrumen. Hasilnya adalah estimator tak bias, konsisten, namun belum efisien. Lalu, metode variabel instrumen Anderson dan Hsiao ini dikembangkan oleh Arellano dan Bond [4] menyarankan suatu metode yang disebut GMM Arellano-Bond metode ini mampu menghasilkan estimator yang tidak bias, konsisten dan efisien.

Penelitian Nabilah [5] menggunakan pendekatan GMM Arellano-Bond. Penelitian lainnya, Shina [6] mengestimasi parameter data panel dinamis menggunakan GMM Arellano-Bond pada persamaan Simultan.

Walaupun metode GMM Arellano-Bond sudah efisien, tetapi Blundell-Bond [7] menyarankan menggunakan GMM Blundell-Bond untuk menghasilkan estimator yang efisien dari data panel dinamis ketika *time series* (*T*) berukuran kecil. Hal tersebut karena GMM Blundell-Bond adalah metode yang digunakan untuk mengestimasi *system* persamaan dengan mengkombinasikan momen kondisi *first difference* dan momen kondisi *level*.

Pada penelitian Hasriati [8] menggunakan pendekataan GMM Arellano-Bond dan Blundell-Bond menambahkan efek. Penelitian Nafngiyana [9] menggunakan pendekatan GMM pada persamaan simultan data panel dinamis untuk pertumbuhan ekonomi. Penelitian lainnya, Lalon [10] menggunakan pendekatan efek tetap, OLS, GLS dan data panel dinamis yang diestimasi dengan pendekatan GMM Blundell-Bond *one step estimator*.

Selanjutnya, pada penelitian ini akan dilakukan kajian teoritis untuk menjabarkan Langkah-langkah estimasi parameter regresi data panel dinamis dengan GMM Blundell-Bond.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam mengestimasi parameter model regresi data panel dinamis dengan metode GMM Blundell-Bond, Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengkombinasikan persamaan *level* dan persamaan *first different*
2. Memformulasikan matriks instrumen dengan mengkombinasikan matriks instrumen pada persamaan *level* dan matriks instrumen pada persamaan *first different*
3. Memformulasikan momen kondisi populasi $E\left(g_i(\delta)\right)$
4. Memformulasikan momen kondisi sampel $\bar{g}(\hat{\delta})$
5. Memformulasikan matriks bobot optimal $\widehat{\boldsymbol{W}} = \widehat{\Psi}^{-1}$
6. Membangun fungsi GMM yaitu fungsi kuadratik dari momen sampel
7. Mengestimasi GMM untuk mendapatkan $\hat{\delta}$ dengan meminimumkan $J(\hat{\delta})$

Menurut Blundell-Bond, penduga AB-GMM dapat mengandung bias pada sampel berukuran kecil karena matriks instrument *lagged level* yang berkorelasi lemah dengan *first difference* berikutnya, sehingga instrument yang tersedi untuk *first difference* menjadi lemah. Sehingga Blundell-Bond mengkombinasikan persamaan dalam *first difference* dengan persamaan dalam bentuk *level* untuk menghasilkan penduga yang lebih efisien dari model data panel dinamis ketika T berukuran kecil.

Langkah-langkah estimasi parameter model regresi panel dinamis menggunakan GMM Blundell-Bond, adalah sebagai berikut :

1. Mengkombinasikan persamaan *level* dan persamaan *first differencing*

$$\begin{pmatrix}\Delta \boldsymbol{y}_{i,t}\\ \boldsymbol{y}_{i,t}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\Delta \boldsymbol{y}_{i,t-1}\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1}\end{pmatrix}\delta + \begin{pmatrix}\Delta \boldsymbol{x}_{i,t}\\ \boldsymbol{x}_{i,t}\end{pmatrix}\boldsymbol{\beta} + \begin{pmatrix}\Delta \boldsymbol{v}_{i,t}\\ \boldsymbol{u}_{i,t}\end{pmatrix} \tag{2.1}$$

Maka persamaan (2.1) dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix}\begin{pmatrix}\Delta y_{1,3}\\ \vdots\\ \Delta y_{N,T}\end{pmatrix}\\ \begin{pmatrix}y_{1,3}\\ \vdots\\ y_{N,T}\end{pmatrix}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\begin{pmatrix}\Delta y_{1,2}\\ \vdots\\ \Delta y_{N,T-1}\end{pmatrix}\\ \begin{pmatrix}y_{1,2}\\ \vdots\\ y_{N,T-1}\end{pmatrix}\end{bmatrix}\delta + \begin{bmatrix}\begin{pmatrix}\Delta x_{1,3,1} & \cdots & \Delta x_{1,3,K}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ \Delta x_{N,T,1} & \cdots & \Delta x_{N,T,K}\end{pmatrix}\\ \begin{pmatrix}x_{1,3,1} & \cdots & x_{1,3,K}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ x_{N,T,1} & \cdots & x_{N,T,K}\end{pmatrix}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\beta_1\\ \beta_2\\ \vdots\\ \beta_K\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\begin{pmatrix}\Delta v_{1,3}\\ \vdots\\ \Delta v_{N,T}\end{pmatrix}\\ \begin{pmatrix}u_{1,3}\\ \vdots\\ u_{N,T}\end{pmatrix}\end{bmatrix} \tag{2.2}$$

dengan,

$$\Delta \boldsymbol{y}_{\boldsymbol{i}((\boldsymbol{T}-\mathbf{2})\times\mathbf{1})} = \begin{bmatrix}\Delta y_{i,3}\\ \Delta y_{i,4}\\ \vdots\\ \Delta y_{i,T}\end{bmatrix}; \qquad \Delta \boldsymbol{y}_{\mathbf{1},\boldsymbol{t}-\mathbf{1}((\boldsymbol{T}-\mathbf{2})\times\mathbf{1})} = \begin{bmatrix}\Delta y_{i,2}\\ \Delta y_{i,3}\\ \vdots\\ \Delta y_{i,T-1}\end{bmatrix};$$

$$\boldsymbol{y}_{\boldsymbol{i}((\boldsymbol{T}-\mathbf{2})\times\mathbf{1})} = \begin{bmatrix}y_{i,3}\\ y_{i,4}\\ \vdots\\ y_{i,T}\end{bmatrix}; \qquad \boldsymbol{y}_{\mathbf{1},\boldsymbol{t}-\mathbf{1}((\boldsymbol{T}-\mathbf{2})\times\mathbf{1})} = \begin{bmatrix}y_{i,2}\\ y_{i,3}\\ \vdots\\ y_{i,T-1}\end{bmatrix};$$

$$\Delta x_{i,K((T-2)\times 1)} = \begin{bmatrix}\Delta x_{i,3,K}\\ \Delta x_{i,4,K}\\ \vdots\\ \Delta x_{i,T,K}\end{bmatrix}; \qquad \Delta \boldsymbol{v}_{i((T-2)\times 1)} = \begin{bmatrix}\Delta v_{i,3}\\ \Delta v_{i,4}\\ \vdots\\ \Delta v_{i,T}\end{bmatrix};$$

$$x_{i,K((T-2)\times 1)} = \begin{bmatrix} \Delta x_{i,3,K} \\ \Delta x_{i,4,K} \\ \vdots \\ \Delta x_{i,T,K} \end{bmatrix}; \qquad \boldsymbol{u}_{i((T-2)\times 1)} = \begin{bmatrix} u_{i,3} \\ u_{i,4} \\ \vdots \\ u_{i,T} \end{bmatrix}.$$

Dengan demikian persamaan (2.2) dapat disajikan dalam bentuk sebagai berikut :

$$\begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{y}_i \\ \boldsymbol{y}_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{y}_{i,t-1} \\ \boldsymbol{y}_{i,t-1} \end{pmatrix} \delta + \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{x}_{i,K} \\ \boldsymbol{x}_{i,K} \end{pmatrix} \boldsymbol{\beta} + \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{v}_i \\ \boldsymbol{u}_i \end{pmatrix}$$

Maka *error*nya adalah :

$$\begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{v}_i \\ \boldsymbol{u}_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{y}_i \\ \boldsymbol{y}_i \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{y}_{i,t-1} \\ \boldsymbol{y}_{i,t-1} \end{pmatrix} \delta - \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{x}_{i,K} \\ \boldsymbol{x}_{i,K} \end{pmatrix} \boldsymbol{\beta}$$

Dimisalkan, $\boldsymbol{q_i} = \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{v}_i \\ \boldsymbol{u}_i \end{pmatrix}$; $\boldsymbol{\varphi}_i = \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{y}_i \\ \boldsymbol{y}_i \end{pmatrix}$, $\boldsymbol{\gamma} = \begin{pmatrix} \delta \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_K \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta \\ \boldsymbol{\beta} \end{pmatrix}$, $\widehat{\boldsymbol{\gamma}} = \begin{pmatrix} \hat{\delta} \\ \hat{\beta}_1 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_K \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{\delta} \\ \widehat{\boldsymbol{\beta}} \end{pmatrix}$

Dan $\boldsymbol{Q} = \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{y}_{i,t-1} & \Delta \boldsymbol{x}_{i,1} & \cdots & \Delta \boldsymbol{x}_{i,K} \\ \boldsymbol{y}_{i,t-1} & \boldsymbol{x}_{i,1} & \cdots & \boldsymbol{x}_{i,K} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{y}_{i,t-1} & \Delta \boldsymbol{x}_i \\ \boldsymbol{y}_{i,t-1} & \boldsymbol{x}_i \end{pmatrix}$

Sehingga

$$\boldsymbol{q_i} = \boldsymbol{\varphi}_i - \boldsymbol{Q\gamma} \tag{2.3}$$

2. Memformulasikan matriks instrumen yang valid untuk persamaan (2.1) dengan mengkombinasikan matriks intrumen pada persamaan *level* dan matriks intrumen pada persamaan *first difference* :

Matriks instrument untuk model level adalah sebagai berikut:

$$\boldsymbol{Z}_{lev} = \begin{bmatrix} [\Delta y_{i,2}] & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & [\Delta y_{i,2}, \Delta y_{i,3}] & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & [\Delta y_{i,2}, \Delta y_{i,3}, \cdots, \Delta y_{i,T-1}] \end{bmatrix}$$

Sehingga matriks instrument untuk model system GMM atau GMM Bludell-Bond adalah sebagai berikut:

$$\boldsymbol{Z}_{sys} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{Z}_{diff} & 0 \\ 0 & \boldsymbol{Z}_{lev} \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{Z}_{sys} = \left[\begin{array}{cccccc|ccc} Z_{diff} & 0 & 0 & \cdots & 0 & & \Delta x_{i,3,1} & \Delta x_{i,3,2} & \Delta x_{i,3,K} \\ 0 & \Delta y_{i,2} & 0 & \cdots & 0 & & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \Delta y_{i,2}, \Delta y_{i,3} & \cdots & 0 & & \Delta x_{i,T,1} & \Delta x_{i,T,2} & \Delta x_{i,T,K} \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & & x_{i,3,1} & x_{i,3,2} & x_{i,3,K} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \Delta y_{i,2}, \Delta y_{i,3}, \cdots, \Delta y_{i,T-1} & & x_{i,T,1} & x_{i,T,2} & x_{i,T,K} \end{array}\right] \tag{2.4}$$

3. Memformulasikan momen kondisi populasi. Momen kondisi populasinya adalah :

$$E\big(g_i(\boldsymbol{\gamma})\big) = E\big(\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{q}_i\big) = E\left(\boldsymbol{Z}_{sys}(\boldsymbol{\varphi}_i - \boldsymbol{Q\gamma})\right) = \boldsymbol{0} \qquad (2.5)$$

4. Memformulasikan momen kondisi sampel. Momen kondisi dari sampel adalah :

$$\bar{g}(\boldsymbol{\gamma}) = N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}(\boldsymbol{\varphi}_i - \boldsymbol{Q\gamma}) \qquad (2.6)$$

5. Memformulasikan matriks bobot. Didefinisikan matriks $\widehat{\boldsymbol{W}}$ yaitu taksiran tak bias dan konsisten untuk matriks bobot $\widehat{\boldsymbol{W}}_{(\boldsymbol{L}\times\boldsymbol{L})}$ dimana $\boldsymbol{L}$ adalah jumlah variabel instrumen. Blundell dan Bond mengusulkan bobot $\widehat{\boldsymbol{W}}$ yang optimal sebagai berikut :

$$\widehat{\boldsymbol{W}} = \widehat{\boldsymbol{\Psi}}^{\boldsymbol{-1}}$$

Dengan

$$\widehat{\boldsymbol{\Psi}} = N^{-1}\sum_{i=1}^{N}(\boldsymbol{Z}_{sys}\widehat{\boldsymbol{q}}_i\widehat{\boldsymbol{q}}_i'\boldsymbol{Z}_{sys}) \qquad (2.7)$$

6. Membangun fungsi GMM yaitu fungsi kuadratik dari momen sampel. Fungsi tersebut adalah sebagai berikut :

$$J(\boldsymbol{\gamma}) = \bar{g}(\boldsymbol{\gamma})\widehat{\boldsymbol{W}}\bar{g}(\boldsymbol{\gamma})$$

Maka,

$$J(\boldsymbol{\gamma}) = \left[N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}(\boldsymbol{\varphi}_i - \boldsymbol{Q\gamma})\right]\widehat{\boldsymbol{W}}\left[N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}(\boldsymbol{\varphi}_i - \boldsymbol{Q\gamma})\right]$$

$$J(\boldsymbol{\gamma}) = \left[N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{\varphi}_i - \boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q\gamma}\right]\widehat{\boldsymbol{W}}\left[N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{\varphi}_i - \boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q\gamma}\right]$$

$$J(\boldsymbol{\gamma}) = \left[N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{\varphi}_i\boldsymbol{Z}_{sys} - \boldsymbol{\gamma Q}\boldsymbol{Z}_{sys}\right]\widehat{\boldsymbol{W}}\left[N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{\varphi}_i - \boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q\gamma}\right]$$

$$J(\boldsymbol{\gamma}) = \left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{\varphi}_i\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\,\boldsymbol{\varphi}_i\right)$$

$$-\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{\varphi}_i\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\,\boldsymbol{\varphi}_i\boldsymbol{\gamma}\right)$$

$$-\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{\gamma}\boldsymbol{Q}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\,\boldsymbol{\varphi}_i\right)$$

$$+\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{\gamma}\boldsymbol{Q}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q}\,\boldsymbol{\gamma}\right)$$

$$J(\boldsymbol{\gamma})=\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{\varphi}_i\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\,\boldsymbol{\varphi}_i\right)$$

$$-2\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{\varphi}_i\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q}\,\boldsymbol{\gamma}\right)$$

$$+\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{\gamma}\boldsymbol{Q}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q}\,\boldsymbol{\gamma}\right)$$

Estimator GMM untuk $\widehat{\boldsymbol{\gamma}}$ didapatkan dengan cara meminimumkan $J(\boldsymbol{\gamma})$.

$$\frac{\partial J(\boldsymbol{\gamma})}{\partial\widehat{\boldsymbol{\gamma}}}=0$$

$$\frac{\partial J(\boldsymbol{\gamma})}{\partial\widehat{\boldsymbol{\gamma}}}=-2\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{\varphi}_i\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q}\right)$$

$$+2\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\widehat{\boldsymbol{\gamma}}\boldsymbol{Q}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q}\right)=0$$

$$\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{\varphi}_i\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q}\right)=\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\widehat{\boldsymbol{\gamma}}\boldsymbol{Q}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q}\right)$$

$$\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{\varphi}_i\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q}\right)=\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Q}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q}\widehat{\boldsymbol{\gamma}}\right)$$

$$\widehat{\boldsymbol{\gamma}}=\left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Q}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q}\right)\right]^{\boldsymbol{-1}}$$

$$\left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{\varphi}_i\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q}\right)\right]$$

$$= \left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Q}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{Q}\right)\right]^{-\mathbf{1}}$$

$$\left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Q}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{\varphi}_i\right)\right]$$

$$\begin{pmatrix}\widehat{\boldsymbol{\beta}}\\ \widehat{\boldsymbol{\delta}}\end{pmatrix} = \left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\begin{pmatrix}\Delta\boldsymbol{y}_{i,t-1},\Delta\boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1},\boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\begin{pmatrix}\Delta\boldsymbol{y}_{i,t-1},\Delta\boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1},\boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\right)\right]^{-\mathbf{1}}$$

$$\left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\begin{pmatrix}\Delta\boldsymbol{y}_{i,t-1},\Delta\boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1},\boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{W}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{\varphi}_i\right)\right] \qquad (2.8)$$

Hasil estimasi parameter pada persamaan (2.8) disebut tahap satu GMM Blundell and Bond. Dengan mensubtitusikan bobot $\widehat{\boldsymbol{W}}$ dengan bobot optimal $\widehat{\boldsymbol{\Psi}}^{-\mathbf{1}}$, maka didapatkan tahap dua GMM Blundell and Bond, sebagai berikut :

$$\begin{pmatrix}\widehat{\boldsymbol{\beta}}\\ \widehat{\boldsymbol{\delta}}\end{pmatrix} = \left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\begin{pmatrix}\Delta\boldsymbol{y}_{i,t-1},\Delta\boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1},\boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{\Psi}}^{-\mathbf{1}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\begin{pmatrix}\Delta\boldsymbol{y}_{i,t-1},\Delta\boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1},\boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\right)\right]^{-\mathbf{1}}$$

$$\left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\begin{pmatrix}\Delta\boldsymbol{y}_{i,t-1},\Delta\boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1},\boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{\Psi}}^{-\mathbf{1}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{\varphi}_i\right)\right] \qquad (2.9)$$

3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan, estimator tahap dua GMM Blundell-Bond pada model data panel dinamis yaitu :

$$\begin{pmatrix}\widehat{\boldsymbol{\beta}}\\ \widehat{\boldsymbol{\delta}}\end{pmatrix} = \left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\begin{pmatrix}\Delta\boldsymbol{y}_{i,t-1},\Delta\boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1},\boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{\Psi}}^{-\mathbf{1}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\begin{pmatrix}\Delta\boldsymbol{y}_{i,t-1},\Delta\boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1},\boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\right)\right]^{-\mathbf{1}}$$

$$\left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\begin{pmatrix}\Delta\boldsymbol{y}_{i,t-1},\Delta\boldsymbol{x}_i\\ \boldsymbol{y}_{i,t-1},\boldsymbol{x}_i\end{pmatrix}\boldsymbol{Z}_{sys}\right)\widehat{\boldsymbol{\Psi}}^{-\mathbf{1}}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_{sys}\boldsymbol{\varphi}_i\right)\right]$$

REFERENCES

[1] Anderson, T. W., & Hsiao, C., 1982. Formulation And Estimation of Dynamic Models Using Panel Data. *Journal of Economic* , 47-82.

[2] Arrelano, M & Bond, S., 1991. Some Tests Of Specification For Panel Data: *Monte Carlo Evidence and An Application to Employment Equations*. *Oxford Journals*: The Review Of Economic Studies, 277-297.

[3] Baltagi, B. H., 2005. *Econometrics Analysis of Panel Data, 3rd ed.* England: John Wiley & Sons, Ltd.

[4] Blundell, R., & Bond, S., 1998. Initial Conditions and Momen Restrictions in Dynamic Panel Data Models. *Journal of Econometrics*, 115-143.

[5] Hasriati, A., 2016. Pemodelan Konvergensi Inflasi Antar Wilayah di Indonesia dengan Pendekatan Spasial Dinamis Data Panel AB-GMM dan Sys-GMM. Tesis. Surabaya : Jurusan Statistika, ITS.

[6] Jintan, A. R., Nahar, F. H., & Azizurrohman, M., 2020. Measuring Inflow of Remittances in Six ASEAN Countries Using Macroeconomic Variables: Panel Data Analysis. *Journal of Economics Research and Social Sciences*, 87-101.

[7] Lalon, R. M., dan Morshada, F., 2020. Impact of Credit Risk Management on Profitability of Commercial Banks in Bangladesh: An Estimation of Dynamic Panel Data Model. *International Journal of Finance & Banking Studies*, 2147-4486

[8] Nabilah, D., & Setiawan, 2016. Pemodelan Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Menggunakan Data Panel Dinamis dengan Pendekatan Generalized Method of Moment. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 205-210.

[9] Nafngiyana, U., Setiawan, & Rahayu, S. P., 2019. Generalized Method of Moment Application in Simultaneous Dynamic Panel Data Equations for Economic Growth, CO2 Emissions, and Health Expenditures Modelling. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.*

[10] Shina, A.F.I., 2018. Estimasi Parameter Pada Sistem Model Persamaan Simultan Data Panel Dinamis Dengan Metode 2 SLS GMM-AB. Semarang : *Jurnal Media Statistika Universitas Diponegoro.*