ISBN : 978.602.361.002.0

ESTIMASI PARAMETER SISTEM MODEL PERSAMAAN SIMULTAN PADA DATA PANEL DINAMIS DENGAN GMM ARELLANO DAN BOND

Arya Fendha Ibnu Shina[1], Setiawan[2]
Mahasiswa Jurusan Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)[1],
Dosen Jurusan Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)[2]
Aryafendhaibnushina@yahoo.co.id[1] , setiawan@statistika.its.ac.id[2]

ABSTRAK. Model persamaan tunggal yang sering digunakan mengabaikan interdependensi antara variabel respon. Sering ditemui variabel yang memiliki hubungan dua arah. Hubungan dua arah yang saling mempengaruhi ini dapat terangkum di dalam satu sistem model persamaan simultan. Terdapat hubungan variabel-variabel yang pada kenyataannya bersifat dinamis. Pada model sistem persamaan simultan dengan data panel dinamis, masing-masing persamaan struktural merupakan persamaan regresi data panel dinamis. Estimasi menggunakan *Ordinary Least Square* (OLS) pada model data panel dinamis akan menghasilkan penduga yang bias dan tidak konsisten karena terdapat lag variabel dependen yang berkorelasi dengan galat. Oleh karena itu, digunakan metode GMM Arellano dan Bond yang menghasilkan penduga yang tidak bias, konsisten, dan efisien. *First difference* pada model panel dinamis digunakan untuk menghilangkan efek individu. Dibutuhkan variabel instrumen, yaitu variabel yang tidak berkorelasi dengan galat. Estimasi parameter pada model data panel dinamis dengan Arellano dan Bond *estimator* menerapkan prinsip GMM yang meminimumkan fungsi kuadratik dari momen sampel.

Kata Kunci : Arellano dan Bond *estimator*; GMM, Panel data dinamis; Persamaan Simultan; Variabel Instrumen.

1. PENDAHULUAN

Model persamaan tunggal yang sering digunakan mengabaikan interdependensi antara variabel. Dalam kasus ekonomi misalnya, sering ditemui variabel yang memiliki hubungan dua arah. Hubungan dua arah yang saling mempengaruhi ini dapat terangkum di dalam satu sistem persamaan simultan. Setiawan dan Endah [3] mengatakan bahwa hampir semua pendekatan dalam makro ekonomi dari model-model permintaan agregat Keynesian sampai dengan model harapan rasional *(rational expectation)* memiliki sifat simultan. Dalam persamaan simultan terdapat beberapa persamaan, dimana jumlah persamaan sama dengan jumlah variabel yang bernilai untuk dijelaskan. Variabel yang bernilai untuk dijelaskan ini disebut variabel endogen. Variabel lainnya adalah variabel yang berkontribusi menjelaskan model, variabel ini disebut variabel *predetermined* (ditetapkan mula-mula). Variabel predetermined ini terdiri dari dua variabel, yaitu variabel eksogen dan variabel *endogenous lagged* (endogen lembam).

Dalam melakukan penelitian yang melibatkan variabel ekonomi, tidak cukup hanya dengan menggunakan data *cross section* karena perlu dilakukan observasi perilaku unit penelitian pada berbagai periode waktu. Data yang merupakan gabungan antara data *cross section* dan data *time series* disebut data panel. Baltagi [2] mengatakan bahwa ada beberapa keuntungan menggunakan data panel, yaitu data bersifat heterogen, lebih informatif,

ISBN : 978.602.361.002.0

bervariasi, derajat bebas lebih besar, lebih efisien, lebih unggul dalam mempelajari perubahan dinamis, lebih dapat mendeteksi dan mengukur pengaruh-pengaruh yang tidak terobservasi pada data *cross section* murni dan *time series* murni, dan meminimalisasi bias. Di samping itu, hubungan variabel-variabel ekonomi pada dasarnya bersifat dinamis yaitu variabel tidak hanya dipengaruhi oleh variabel pada waktu yang sama tetapi juga dipengaruhi oleh variabel pada waktu sebelumnya. Untuk mengestimasi parameter pada persamaan regresi data panel dinamis dapat menggunakan GMM *(Generalized Method of Moment)* Arellano dan Bond. GMM Arellano dan Bond yang menghasilkan penduga yang tidak bias, konsisten, dan efisien.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Model Persamaan Simultan

Model persamaan simultan merupakan suatu model dimana variabel independen (variabel eksogen) pada suatu model bisa menjadi variabel dependen (variabel endogen) pada model yang lain. Bentuk struktural sistem persamaan simultan secara umum dengan G variabel endogen $Y_1, Y_2, \dots, Y_G$ dan sebanyak K variabel eksogen $X_1, X_2, \dots, X_K$ adalah sebagai berikut :

$$\begin{gathered}
\alpha_{11}Y_{1t} + \alpha_{12}Y_{2t} + \cdots + \alpha_{1G}Y_{Gt} + \beta_{11}X_{1t} + \beta_{12}X_{2t} + \cdots + \beta_{1K}X_{Kt} = \mu_{1t} \\
\alpha_{21}Y_{1t} + \alpha_{22}Y_{2t} + \cdots + \alpha_{2G}Y_{Gt} + \beta_{21}X_{1t} + \beta_{22}X_{2t} + \cdots + \beta_{2K}X_{Kt} = \mu_{2t} \qquad (1) \\
\vdots \\
\alpha_{G1}Y_{Gt} + \alpha_{G2}Y_{Gt} + \cdots + \alpha_{GG}Y_{Gt} + \beta_{G1}X_{Gt} + \beta_{G2}X_{Gt} + \cdots + \beta_{GK}X_{Kt} = \mu_{Gt}
\end{gathered}$$

$\mu_{1n}, \mu_{2n}, \dots, \mu_{Gt}$ merupakan galat dengan $t = 1, 2, \dots, n$ sebagai banyaknya observasi, α_{ij} merupakan koefisien-koefisien dari variabel endogen dengan $i = 1, 2, \dots, G$ dan $j = 1, 2, \dots, G$ dan β_{ik} merupakan koefisien-koefisien variabel eksogen dengan $k = 1, 2, \dots, K$.
Persamaan (1) dapat dibentuk dalam susunan matrikx sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1G} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \cdots & \alpha_{2G} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{G1} & \alpha_{G2} & \cdots & \alpha_{GG} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ \vdots \\ Y_{Gt} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \cdots & \beta_{1K} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \cdots & \beta_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{G1} & \beta_{G2} & \cdots & \beta_{GK} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{1t} \\ X_{2t} \\ \vdots \\ X_{Kt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_{1t} \\ \mu_{2t} \\ \vdots \\ \mu_{Gt} \end{bmatrix} \qquad (2)$$

selanjutnya dapat ditulis menjadi,

$$\mathbf{\Gamma Y}_t + \boldsymbol{B}\boldsymbol{X}_t = \boldsymbol{\mu}_t, \qquad t = 1, 2, \dots, T \qquad (3)$$

Dengan $\boldsymbol{\Gamma}$ adalah matrik koefisien α dengan ukuran $G \times G, \boldsymbol{B}$ adalah matrik koefisien β dengan ukuran $G \times K$, $\boldsymbol{Y}_n$ adalah vektor G variabel endogen dengan ukuran $G \times 1$ untuk t waktu, $\boldsymbol{X}_t$ adalah vektor K variabel eksogen dengan ukuran $K \times 1$ untuk t waktu, μ_n adalah matrik variabel galat untuk $\mathbf{t}$ waktu.

ISBN : 978.602.361.002.0

Model pada persamaan (2) merupakan model lengkap yang secara umum dapat diselesaikan dengan model *reduced form*. Model *reduced form* ditulis sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ \vdots \\ Y_{Gt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} & \cdots & \pi_{1K} \\ \pi_{21} & \pi_{22} & \cdots & \pi_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \pi_{G1} & \pi_{G2} & \cdots & \pi_{GK} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{1t} \\ X_{2t} \\ \vdots \\ X_{Kt} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{1t} \\ v_{2t} \\ \vdots \\ v_{Gt} \end{bmatrix} \qquad (3)$$

dapat pula ditulis menjadi :

$$\boldsymbol{Y_t} = \boldsymbol{\Pi X_t} + \boldsymbol{v_t}, \qquad t = 1, 2, \ldots, n$$

Dimana $\boldsymbol{\Pi}$ adalah matrik koefisien π dengan ukuran $G \times K$ dan $\boldsymbol{v_t}$ adalah vektor galat dari *reduced form* untuk waktu t.

Untuk menentukan metode estimasi yang akan digunakan pada sistem model persamaan simultan, perlu dilakukan identifikasi model. Jika parameter dapat diestimasi dari bentuk struktural melalui bentuk tereduksi, maka persamaan tersebut teridentifikasi *(identified)*. Namun jika parameter tidak dapat diestimasi dari bentuk struktural melalui bentuk tereduksi, maka persamaan tersebut tak teridentifikasi *(unidentified)*. Persamaan yang teridentifikasi terdiri dari dua macam, yaitu teridentifikasi secara tepat *(just identified/ exactly identified)*dan teridentifikasi secara berlebihan *(overidentified)*.

Kaidah yang sering digunakan untuk menentukan identifikasi suatu sistem persamaan simultan adalah dengan *order conditions*. Untuk memahami *order conditions*, maka perlu dipahami beberapa notasi berikut :

1. G : banyaknya variabel endogen dalam model,
2. g : banyaknya variabel endogen dalam sebuah persamaan tertentu,
3. K: banyaknya variabel *predetermined* di dalam model,
4. k: banyaknya variabel *predetermined* di dalam sebuah persamaan tertentu.

Identifikasi suatu persamaan simultan dengan kaidah *order conditions* memberikan informasi sebuah persamaan teridentifikasi secara tepat *(exactly identified)* atau teridentifikasi secara berlebihan *(overidentified)*. Jika $K - k = g - 1$ maka dikatakan bahwa persamaan tersebut adalah persamaan yang teridentifkasi secara tepat *(exactly identified)*, jika $K - k \geq g - 1$ maka dikatakan bahwa persamaan tersebut adalah persamaan yang teridentifkasi secara berlebihan*(overidentified)*.

Variabel endogen dalam persamaan simultan berkorelasi dengan galat (*disturbance)*, maka estimator OLS pada persamaan dimana variabel endogen dapat muncul sebagai variabel prediktor (kasus simultan) akan menghasilkan estimator yang bias dan tidak konsisten. Dengan alasan ini, maka dibutuhkan alternatif metode estimasi yang lain yang disebut metode *Two Stage Least Square* (2 SLS). Metode estimasi 2SLS *(Two Stage Least Square)* dapat digunakan pada model *exactly identified* dan *overidentified*. 2SLS merupakan penerapan dari OLS dalam dua tahap.

Uji kesimultanan dibutuhkan untuk menguji apakah variabel endogen eksplanatori berkorelasi dengan galat (*disturbance)* atau tidak. Jika tidak berkorelasi, maka estimator OLS dapat digunakan. Di sisi lain jika pada kasus nonsimultan digunakan metode 2 SLS maka hasil estimasinya akan konsisten namun tidak efisien. Sehingga dibutuhkan pemeriksaan apakah persamaan itu simultan atau tidak. Pengujian yang digunakan untuk menguji kesimultanan adalah uji Haussman.

2.2. Model Regresi Data Penel Dinamis

Berikut ini adalah model panel dinamis sederhana, yaitu model data panel dinamis dengan lag dari variabel dependen sebagai satu-satunya variabel eksplanatori (variabel endogen eksplanatori) di dalam model.

$$y_{i,t} = \delta y_{i,t-1} + u_{it} \qquad i = 1,2,\dots,N; \quad t = 1,2,\dots T \qquad (4)$$

dengan komponen galat satu arah yaitu $u_{it} = \mu_i + v_{i,t}$.

Masalah paling mendasar dari model data panel dinamis adalah adanya korelasi antara variabel eksplanatori dengan galat, meskipun diasumsikan bahwa galat tidak saling berkorelasi. Hal ini disebabkan oleh jika $y_{i,t}$ adalah fungsi dari u_{it} maka sebagai akibatnya $y_{i,t-1}$ juga merupakan fungsi dari u_{it}. Dengan kata lain, regressor pada sisi kanan $y_{i,t-1}$ berkorelasi dengan u_{it}. Dengan demikian, penggunakan metode estimasi panel statis seperti OLS pada model persamaan panel dinamis akan bias dan tidak konsisten.

Baltagi [2] mengatakan bahwa untuk mengilangkan efek individu, maka dilakukan *first-difference*. Oleh karena itu, persamaan (4) menjadi,

$$(y_{i,t} - y_{i,t-1}) = \delta\,(y_{i,t-1} - y_{i,t-2}) + (v_{i,t} - v_{i,t-1})\,; i = 1,2,\dots,N; \; t = 1,2,\dots T \qquad (5)$$

Model pada persamaan (5) jika ditulis dalam bentuk vektor matriks, adalah sebagai berikut :

$$\Delta \boldsymbol{y}_i = \delta \Delta \boldsymbol{y}_{i,t-1} + \Delta \boldsymbol{v}_i \;\; ; \quad i = 1,2,\dots,N \qquad (6)$$

Karena $\Delta \boldsymbol{y}_{i,t-1}$ berkorelasi dengan $\Delta \boldsymbol{v}_i$ maka dibutuhkan matriks instrumen. Matriks instrumen merupakan matriks yang berisi variabel-variabel yang berkorelasi dengan $\Delta \boldsymbol{y}_{i,t-1}$ namun tidak berkorelasi dengan $\Delta \boldsymbol{v}_i$. Berikut adalah matriks instrumen yang diusulkan oleh Arellano dan Bond [1].

$\boldsymbol{Z} = (\boldsymbol{Z}_1', \dots, \boldsymbol{Z}_N')'$, dimana

$$\boldsymbol{Z}_i = \begin{bmatrix} [y_{i,1}] & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & [y_{i,1}, y_{i,2}] & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & [y_{i,1}, \dots, y_{i,T-2}] \end{bmatrix} \qquad (7)$$

Matrik $\boldsymbol{Z}_i$ berisikan variabel-variabel instrumen yang telah memenuhi asumsi-asumsi yang dibutuhkan dalam penaksiran, yaitu :

1. $E(\boldsymbol{Z}_i' \Delta \boldsymbol{v}_i) = 0 \qquad ; i = 1,\dots,N$
2. $rank\, E(\boldsymbol{Z}_i' \boldsymbol{\Delta y}_{i,-1}) = K$

Estimasi parameter oleh Arellano dan Bond menggunakan prinsip GMM untuk mendapatkan taksiran yang konsisten. Dengan asumsi pertama matriks variabel instrumen, maka vektor δ merupakan solusi yang unik untuk momen kondisi dari populasi,

$$E(g_i(\delta)) = E(\boldsymbol{Z}_i' \Delta \boldsymbol{v}_i) = E\left(\boldsymbol{Z}_i'(\Delta \boldsymbol{y}_i - \delta \boldsymbol{\Delta y}_{i,-1})\right) = 0$$

Momen kondisi dari sampel

$$\bar{g}(\hat{\delta}) = N^{-1} \sum_{i=1}^{N} \boldsymbol{Z}_i'(\Delta \boldsymbol{y}_i - \hat{\delta} \boldsymbol{\Delta y}_{i,-1})$$

ISBN : 978.602.361.002.0

Didefinisikan matriks $\widehat{\boldsymbol{W}}$ yaitu taksiran tak bias dan konsisten untuk matriks bobot $\boldsymbol{W}_{(L\times L)}$ dimana L adalah jumlah variabel instrumen. Arellano dan Bond [1] mengusulkan bobot $\widehat{\boldsymbol{W}}$ yang optimal sebagai berikut :

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

dengan

$$\widehat{\boldsymbol{\Lambda}} = N^{-1}\sum_{i=1}^{N} \boldsymbol{Z}_i^{'}\Delta \boldsymbol{v}_i \Delta \boldsymbol{v}_i{}'\boldsymbol{Z}_i$$

Kemudian dibangun suatu fungsi GMM yang merupakan fungsi kuadratik dari momen sampel. Fungsi tersebut adalah sebagai berikut :

$$J(\hat{\delta}) = \bar{g}(\hat{\delta})^{'}\widehat{\boldsymbol{W}}\bar{g}(\hat{\delta})$$

Taksiran GMM untuk δ adalah suatu taksiran $(\hat{\delta})$ yang meminimumkan $J(\hat{\delta})$.

$$\hat{\delta} = \left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\Delta \boldsymbol{y}_{i,-1}{}'\boldsymbol{Z}_i\right)\widehat{\boldsymbol{\Lambda}}^{-1}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_i^{'}\Delta \boldsymbol{y}_{i,-1}\right)\right]^{-1}$$

$$\left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\Delta \boldsymbol{y}_{i,-1}{}'\boldsymbol{Z}_i\right)\widehat{\boldsymbol{\Lambda}}^{-1}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{Z}_i^{'}\Delta \boldsymbol{y}_i\right)\right]$$

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Model persamaan simultan merupakan suatu model dimana variabel independen (variabel eksogen) pada suatu model bisa menjadi variabel dependen (variabel endogen) pada model yang lain. Metode estimasi 2SLS membutuhkan adanya estimasi parameter pada persamaan bentuk tereduksi *(reduced form)*. Di sisi lain, baik persamaan struktural maupun persamaan bentuk tereduksi *(reduced form)* merupakan persamaan regresi data panel dinamis yang mengandung variabel eksogen. Model regresi data panel dinamis dengan variabel eksogen, dituliskan sebagai berikut :

$$y_{i,t} = \delta y_{i,t-1} + \boldsymbol{x}_{it}^{'}\boldsymbol{\beta} + u_{it} \qquad i = 1,2,\dots,N; \quad t = 1,2,\dots T \qquad (8)$$

dengan δ merupakan skalar, matriks $\boldsymbol{x}_{it}^{'}$ berukuran $1 \times K$, dan $\boldsymbol{\beta}$ adalah matriks berukuran $K \times 1$. Diasumsikan u_{it} merupakan komponen galat satu arah *(one-way error component regression model)*, sehingga dapat dituliskan sebagai berikut :

$$u_{it} = \mu_i + v_{i,t} \qquad (9)$$

dengan μ_i adalah komponen spesifik individu dan $v_{i,t}$ adalah *error term*, dengan asumsi $\mu_i \sim IID(0, \sigma_\mu^2)$ dan $v_{i,t} \sim IID(0, \sigma_v^2)$.

Masalah paling mendasar dari model data panel dinamis adalah adanya korelasi antara variable lag endogen (yang berposisi sebagai variabel eksplanatori) dengan galat, sehingga OLS akan menghasilkan estimasi yang bias dan tidak konsisten. Oleh karena itu digunakan metode estimasi GMM Arellano dan Bond yang dapat menghasilkan estimasi parameter yang tak bias, konsisten, serta efisien.

Langkah pertama dalam mengestimasi parameter menggunakan metode Arellano dan Bond, adalah melakukan differensiasi pada persamaan (8).

$$\Delta y_{i,t} = \delta \Delta y_{i,t-1} + \boldsymbol{\beta}' \Delta \boldsymbol{x}_{it} + u_{it} \qquad (10)$$

Apabila persamaan (10) ditulis dalam bentuk matriks, maka

$$\boldsymbol{\Delta y_i} = \boldsymbol{\delta \Delta y_{i,-1}} + \boldsymbol{\beta}' \boldsymbol{\Delta x_i} + \boldsymbol{u_i} \qquad (11)$$

Jika pada persamaan (10) dilakukan subtitusi dengan persamaan (9) maka dihasilkan persamaan untuk galat sebagai berikut :

$$\boldsymbol{\Delta v_i} = \boldsymbol{\Delta y_i} - \delta \boldsymbol{\Delta y_{i,-1}} - \boldsymbol{\beta}' \boldsymbol{\Delta x_i} \qquad (12)$$

Dimisalkan $\boldsymbol{\gamma} = \begin{pmatrix} \delta \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_K \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{\delta} \\ \boldsymbol{\beta} \end{pmatrix}$, $\widehat{\boldsymbol{\gamma}} = \begin{pmatrix} \hat{\delta} \\ \widehat{\beta_1} \\ \vdots \\ \widehat{\beta_K} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \widehat{\boldsymbol{\delta}} \\ \widehat{\boldsymbol{\beta}} \end{pmatrix}$ dan $\boldsymbol{Q} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{\Delta y_{i,-1}} \\ \boldsymbol{\Delta x_{1i}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{\Delta x_{Ki}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{\Delta y_{i,-1}} \\ \boldsymbol{\Delta x_i} \end{pmatrix}$, sehingga

$$\boldsymbol{\Delta v_i} = \Delta \boldsymbol{y}_i - \boldsymbol{\gamma}' \boldsymbol{Q} \qquad (13)$$

kemudian mencari matriks variabel instrumen yang memenuhi dua asumsi sebagai variabel instrumen. Baltagi [2] mengatakan bahwa jika $E(x_{it}, v_{is}) = 0$ untuk semua $t, s = 1, 2, \dots, T$ namun x_{it} berkorelasi dengan u_i, maka semua $\boldsymbol{x}'_{it}$ merupakan instrumen yang valid untuk persamaan (8). Sehingga $[\boldsymbol{x}'_{i,1}, \boldsymbol{x}'_{i,2}, \dots, \boldsymbol{x}'_{i,T}]$ harus ditambahkan pada masing-masing elemen diagonal matriks $\boldsymbol{Z}_i$ pada persamaan (7).

$$\boldsymbol{Z}_i = \begin{bmatrix} [y_{i,1}, \boldsymbol{x}'_{i,1}, \boldsymbol{x}'_{i,2}, \dots, \boldsymbol{x}'_{i,T}] & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & [y_{i,1}, y_{i,2}, \boldsymbol{x}'_{i,1}, \boldsymbol{x}'_{i,2}, \dots, \boldsymbol{x}'_{i,T}] & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & [y_{i,1}, \dots, y_{i,T-2}, \boldsymbol{x}'_{i,1}, \dots, \boldsymbol{x}'_{i,T}] \end{bmatrix} \qquad (14)$$

Momen kondisi populasinya, adalah :

$$E(g_i(\boldsymbol{\gamma})) = E(\boldsymbol{Z}'_i \boldsymbol{\Delta v_i}) = E\left(\boldsymbol{Z}'_i(\Delta \boldsymbol{y}_i - \boldsymbol{\gamma}'\boldsymbol{Q})\right) = 0 \qquad (15)$$

Momen kondisi dari sampel, adalah :

$$\bar{g}(\widehat{\boldsymbol{\gamma}}) = N^{-1} \sum_{i=1}^{N} \boldsymbol{Z}'_i (\Delta \boldsymbol{y}_i - \widehat{\boldsymbol{\gamma}}'\boldsymbol{Q}) \qquad (16)$$

Didefinisikan matriks $\widehat{\boldsymbol{W}}$ yaitu taksiran tak bias dan konsisten untuk matriks bobot $\boldsymbol{W}_{(L \times L)}$ dimana L adalah jumlah variabel instrumen. Arellano dan Bond [1] mengusulkan bobot $\widehat{\boldsymbol{W}}$ yang optimal sebagai berikut :

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

dengan

$$\widehat{\Lambda} = N^{-1}\sum_{i=1}^{N} Z_i' \Delta v_i \Delta v_i' Z_i$$

Kemudian dibangun suatu fungsi GMM yang merupakan fungsi kuadratik dari momen sampel. Fungsi tersebut adalah sebagai berikut :

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

Taksiran GMM untuk $\boldsymbol{\gamma}$ adalah suatu taksiran $(\widehat{\gamma})$ yang meminimumkan $J(\widehat{\gamma})$.

$$(\widehat{\gamma}) = \left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N} QZ_i\right)\widehat{W}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N} Z_i' Q\right)\right]^{-1}\left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N} QZ_i\right)\widehat{W}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N} Z_i' \Delta y_i\right)\right]$$

Dengan demikian didapatkan *GMM estimator* Arellano dan Bond, sebagai berikut :

$$\begin{pmatrix}\widehat{\delta}\\ \widehat{\beta}\end{pmatrix} = \left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}(\Delta y_{i,-1}, \Delta x_i)' Z_i\right)\widehat{\Lambda}^{-1}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N} Z_i'(\Delta y_{i,-1}, \Delta x_i)\right)\right]^{-1}$$

$$\left[\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}(\Delta y_{i,-1}, \Delta x_i)' Z_i\right)\widehat{\Lambda}^{-1}\left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N} Z_i' \Delta y_i\right)\right]$$

Metode estimasi ini kemudian dinamakan *Two Stage Least Square Generalized Method of Moment Arellano and Bond (2SLS GMM AB).*

3. SIMPULAN

Estimasi parameter sistem persamaan simultan dengan data panel dinamis menggunakan prinsip 2SLS, dimulai dengan mengestimasi parameter pada bentuk tereduksi *(reduced form)* kemudian dilanjutkan mengestimasi parameter pada persamaan struktural. Kedua proses estimasi ini menggunakan metode GMM Arellano dan Bond. Oleh karena itu metode estimasi ini dinamakan *Two Stage Least Square Generalized Method of Moment Arellano and Bond (2SLS GMM AB)*.

Metode estimasi *Two Stage Least Square Generalized Method of Moment Arellano and Bond (2SLS GMM AB)* dapat diaplikasikan pada kasus ekonomi, dimana hubungan variabel-variabel ekonomi pada kenyataannya bersifat dinamis. Misalnya pada variabel pertumbuhan ekonomi dan pengangguran. Kedua variabel ini memiliki hubungan negatif dua arah. Tingkat pengangguran yang tinggi dapat menyebabkan kekacauan politik, keamanan, dan sosial sehingga tentunya dapat mengganggu pertumbuhan ekonomi suatu negara. Sedangkan pertumbuhan ekonomi yang mendekati dua persen akan mengurangi pengangguran sebesar satu persen [Mankiw, 3].

ISBN : 978.602.361.002.0

DAFTAR PUSTAKA

[1] Arellano, M., dan Bond, S. 1991. Some Test of Specification for Panel Data : Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. *The Review of Economic Studies , 58*, 277-297.

[2] Baltagi, B. H. 2005. *Econometric Analysis of Panel Data.* New York: John Wiley dan Sons.

[3] Mankiw, N. G. 2010. *Macroeconomic*.7 ed. New York: Worth.

[4] Setiawan, dan Endah, D. K. 2010. *Ekonometrika.* Yogyakarta: C.V Andi Offset.