ESTIMASI: Journal of Statistics and Its Application
Vol. 5, No. 2, Juli, 2024, Hal. 141-148
DOI: https://doi.org/10.20956/ejsa.v5i2.13998

Estimasi Parameter Model Regresi Logistik Biner dengan *Conditional Maximum Likelihood Estimation* pada Data Panel

Fitri[1*], Anna Islamiyati[2], Anisa[3]
[123]Departemen Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar, 90245, Indonesia
***Corresponding author, email: fitriifi07@gmail.com**

Abstract

Binary logistic regression models can be used on panel data with categorical responses that experience repeated measurements based on time. This study aims to determine the factors that influence the Human Development Index in South Sulawesi Province in 2015-2019. Data were analyzed through binary logistic regression with fixed effect model approach through Conditional Maximum Likelihood Estimation (CMLE) for panel data. The results of this study indicate that the variables that have a significant effect are life expectancy (X_1), school length expectancy (X_2) and the average length of schooling (X_3). Obtained the probability value of districts/cities that have a medium low and medium high human development index with a classification accuracy of 56.25%.

Keywords: *Human Development Index, Life Expectancy Rate, Expectation of Old School Years, Average Length of Schooling, Conditional Maximum Likelihood Estimation.*

Abstrak

Model regresi logistik biner dapat digunakan pada data panel dengan respon kategorik yang mengalami pengukuran berulang berdasarkan waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2015-2019. Data dianalisis melalui regresi logistik biner dengan pendekatan model efek tetap melalui *Conditional Maximum Likelihood Estimation* (CMLE) untuk data panel. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variabel yang berpengaruh signifikan yaitu angka harapan hidup (X_1), harapan lama sekolah (X_2) dan rata-rata lama sekolah (X_3). Diperoleh nilai probabilitas kabupaten/kota yang memiliki indeks pembangunan manusia menengah rendah dan menengah tinggi dengan ketepatan klasifikasi 56,25%.

Kata kunci: Indeks Pembangunan Manusia, Angka Harapan Hidup, Harapan Lama Sekolah, Rata-rata Lama Sekolah, *Conditional Maximum Likelihood Estimation*.

1. Pendahuluan

Analisis regresi merupakan suatu metode statistika yang dapat menjelaskan hubungan antara variabel terikat dan variabel bebas. Pada umumnya analisis regresi digunakan untuk menganalisis data dengan variabel terikat kuantitatif (kontinu) yang berdistribusi normal. Akan tetapi dalam prakteknya seringkali dijumpai variabel terikat kualitatif (kategorik), misalnya dalam bidang pendidikan, sosial, ekonomi, dan kesehatan. Apabila data pada variabel terikat adalah kategori, model regresi yang mampu menyelesaikannya adalah model regresi logistik. Model regresi logistik adalah salah satu model yang digunakan untuk mencari hubungan antara variabel terikat kategorik dengan satu atau lebih variabel bebas yang kontinu ataupun kategorik [1].

Regresi logistik biner merupakan satu teknik analisis statistika yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara satu atau lebih variabel bebas dengan variabel terikat yang bersifat biner (dikotomus) [2]. Beberapa penelitian yang mengkaji mengenai model regresi logistik biner diantaranya Kotimah (2014) menggunakan model regresi logistik biner stratifikasi pada partisipasi ekonomi perempuan di Provinsi Jawa [3]. Wardhani, ddk (2015) menggunakan model regresi logistik biner dan model logistik untuk menganalisis keputusan konsumen memilih bahan bakar minyak [4]. Marlena (2017) menggunakan penerapan regresi logistik pada model problem *based learning* berbantu *software cabri 3D* dan Khaerin (2018) menggunakan penerapan model regresi logistik biner pada motif faktor kewirausahaan [5]. Penelitian-penelitian tersebut masih sebatas penggunaan data *cross section*.

Dalam penelitian ini model regresi logistik biner dikembangkan dengan menggunakan data panel yang merupakan data pengamatan dilakukan secara berulang terhadap subjek dan variabel yang sama. Data panel merupakan penggabungan antara data *cross section* dan data *time series.* Baltagi (2015) menjelaskan bahwa kelebihan data panel adalah lebih komprehensif karena mengandung unsur waktu sehingga jumlah data akan meningkat dan dapat meningkatkan efisiensi dalam penaksiran parameternya. Terdapat kelebihan lain dari data panel seperti yang dijelaskan oleh Hsio (2014) dalam Basuki (2015) bahwa penggunaan panel data dalam penelitian memiliki beberapa keuntungan dibandingkan menggunakan data jenis *cross section* maupun *time series* saja. Pertama, dapat memberikan peneliti jumlah pengamatan yang besar, meningkatkan *degree of freedom* (derajat kebebasan), data memiliki variabilitas yang besar dan mengurangi kolinieritas antara variabel penjelas, dapat menghasilkan estimasi yang efisien. Kedua, data panel dapat memberikan informasi lebih banyak yang tidak dapat diberikan hanya oleh data *cross section* atau *time series* saja. Ketiga, data panel dapat memberikan penyelesaian yang lebih baik dalam inferensi perubahan dinamis dibandingkan data *cross section* [6].

Data panel juga memungkinkan memiliki respon kategori sehingga dapat dimodelkan dengan pendekatan regresi logistik seperti pada penelitian Jayanti (2017) yang menggunakan penerapan regresi logistik data panel pada evaluasi kebijakan *inflation targeting framework* di pulau Jawa periode 2006-2015 [7]. Model regresi logistik biner data panel disusun berdasarkan beberapa pendekatan model yaitu model efek umum, model efek tetap, dan model efek acak. Model regresi logistik data panel sangat rentan terhadap bias variabel karena model regresi logistik data panel sulit dimodelkan. Model efek tetap memberikan solusi untuk masalah ini dengan menghilangkan parameter efek individu [8].

Model efek tetap membantu mencapai kesimpulan menggunakan variansi dalam kelompok daripada hanya mengeksploitasi variansi antar kelompok. Dalam model regresi data panel efek tetap, transformasi harus dilakukan untuk mendapatkan estimator yang konsisten. Akan tetapi, cara yang sama tidak dapat diterapkan pada analisis data panel model regresi logistik (Baltagi, 2005) [9]. Sehingga diperlukan cara yang lain untuk memperoleh estimator yang konsisten. Dengan demikian diperkenalkan *conditional maximum likelihood estimation* untuk data panel respon biner pada model logistik efek tetap yaitu fungsi likelihood bersyarat untuk mendapatkan estimator yang konsisten [10].

2. Material dan Metode

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data dalam penelitian ini adalah metode dokumentasi. Metode dokumentasi adalah metode pengumpulan data dengan cara mengambil data sekunder. Bentuk data yang digunakan adalah data panel dengan rentang waktu 5 tahun dan 24 individu. Jumlah observasi yang dilakukan pada penelitian ini sebanyak 120. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari satu variabel dependen (Y) yang bersifat kategorik dan empat variabel independen (X_1, X_2, X_3 X_4).

Pemodelan regresi logistik biner data panel dapat diawali dengan memperhatikan model sebagai berikut.

$$y_{it} = \sum_{k=1}^{K} \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} + \alpha_i \qquad i = 1, \dots, 24\,; t = 1, \dots, 5$$

dengan y_{it} adalah variabel terikat untuk unit individu ke-i dan waktu ke-t, β_k adalah koefisien regresi dengan $k = 1,2,3,4$, α_i adalah efek individu yang berbeda-beda untuk setiap individu ke-*i,* x_{kit} adalah variabel bebas ke-k untuk unit individu ke-i dan waktu ke-t dan ε_{it} adalah eror regresi untuk unit individu ke-i dan periode waktu ke-t.

Selanjutnya, estimasi parameter regresi logistik dilakukan dengan menggunakan metode *Conditional Maximum Likelihood Estimation* (CMLE). Adapun fungsi *Conditional Maximum Likelihood* adalah sebagai berikut :

$$L^C = (\prod_{i=1}^{N} \Pr\,(y_{i1}, y_{i2} \dots y_{iT} \,\middle|\, \sum_{i=1}^{T} y_{it})$$

kemudian menyelesaikan fungsi *conditional likelihood* dengan pendekatan iterasi *fisher scoring,* lalu memaksimumkan fungsi *conditional likelihood* yang terbentuk dengan cara menurunkan logaritma natural fungsi *conditional likelihood* terhadap parameter untuk selanjutnya disamakan dengan nol.

3. Hasil dan Diskusi

Pemodelan regresi logistik biner data panel dapat diawali dengan memperhatikan model sebagai berikut:

$$y_{it} = \sum_{k=1}^{K} \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} + \alpha_i \qquad i = 1, \dots, 24\,; t = 1, \dots, 5 \tag{1}$$

Berdasarkan Persamaan (1) model regresi logistik biner data panel efek tetap untuk i=1,2,…,24 dan t= 1,2,…,5 dapat ditulis:

$$\Pr(y_{it} = 1) = \Pr(y_i > 0) = F(\beta x_{it} + a_i)$$

Selanjutnya, peluang bersyarat dari y dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P((y_{i1}, y_{i2} \dots y_{i5} | \textstyle\sum_{t=1}^{5} y_{it}) = \frac{\exp(\beta \sum_{t=1}^{5} x_{it} y_{it})}{\sum_{d \in B_i} \exp(\beta \sum_{t=1}^{5} x_{it} y_{it})}$$

dengan

$$B_i = \{d = (d_{i1}, d_{i2} \dots, d_{iT}) | d_{it} = 0 \text{ atau } 1 \text{ dan } \textstyle\sum_{t=1}^{5} d_{it} = \sum_{t=1}^{5} y_{it}\}$$

Untuk peluang kumulatif yang bersesuaian dengan T=5 dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\Pr(y_{i1} + y_{i2} + \cdots + y_{i5}) = \text{P1} + \text{P2} + \text{P3} + \text{P4} + \text{P5} = 1$$

dengan

$$\Pr(y_{i1} = 1, y_{i2} = 0, y_{i3} = 0, y_{i4} = 0, y_{i5} = 0) = \text{P1}$$
$$\Pr(y_{i1} = 0, y_{i2} = 1, y_{i3} = 0, y_{i4} = 0, y_{i5} = 0) = \text{P2}$$
$$\Pr(y_{i1} = 0, y_{i2} = 0, y_{i3} = 1, y_{i4} = 0, y_{i5} = 0) = \text{P3}$$
$$\Pr(y_{i1} = 0, y_{i2} = 0, y_{i3} = 0, y_{i4} = 1, y_{i5} = 0) = \text{P4}$$
$$\Pr(y_{i1} = 0, y_{i2} = 0, y_{i3} = 0, y_{i4} = 0, y_{i5} = 1) = \text{P5}$$

Adapun probabilitas untuk setiap kategori Y=0 dan Y=1 adalah sebagai berikut:

$$\Pr(y_{i1} = 1) = \frac{\exp(\alpha_i + x_{it}\beta)}{1 + \exp(\alpha_i + x_{it}\beta)} \tag{2}$$

$$\Pr(y_{i1} = 0) = \frac{1 - \exp(\alpha_i + x_{it}\beta)}{1 + \exp(\alpha_i + x_{it}\beta)}$$
$$= \frac{1}{1 + \exp(\alpha_i + x_{it}\beta)} \tag{3}$$

Berdasarkan Persamaan (2) dan Persamaan (3) diperoleh probabilitas bersyarat untuk T=5 sebagai berikut.

$$P1 = \frac{\exp(\alpha_i + x_{i1}\beta)}{1 + \exp(\alpha_i + x_{i1}\beta)} \times \frac{1}{1 + \exp(\alpha_i + x_{i2}\beta)} \times \frac{1}{1 + \exp(\alpha_i + x_{i3}\beta)} \times \frac{1}{1 + \exp(\alpha_i + x_{i4}\beta)} \times \frac{1}{1 + \exp(\alpha_i + x_{i5}\beta)}$$

$$P2 = \frac{1}{1 + \exp(\alpha_i + x_{i1}\beta)} \times \frac{\exp(\alpha_i + x_{i2}\beta)}{1 + \exp(\alpha_i + x_{i2}\beta)} \times \frac{1}{1 + \exp(\alpha_i + x_{i3}\beta)} \times \frac{1}{1 + \exp(\alpha_i + x_{i4}\beta)} \times \frac{1}{1 + \exp(\alpha_i + x_{i5}\beta)}$$

$$P3 = \frac{1}{1 + \exp(\alpha_i + x_{i1}\beta)} \times \frac{1}{1 + \exp(\alpha_i + x_{i2}\beta)} \times \frac{\exp(\alpha_i + x_{i3}\beta)}{1 + \exp(\alpha_i + x_{i3}\beta)}$$

$$\times \frac{1}{1+\exp(\alpha_i + x_{i4}\beta)} \times \frac{1}{1+\exp(\alpha_i + x_{i5}\beta)}$$

$$P4 = \frac{1}{1+\exp(\alpha_i + x_{i1}\beta)} \times \frac{1}{1+\exp(\alpha_i + x_{i2}\beta)} \times \frac{1}{1+\exp(\alpha_i + x_{i3}\beta)}$$

$$\times \frac{\exp\,(\alpha_i + x_{i4}\beta)}{1+\exp(\alpha_i + x_{i4}\beta)} \times \frac{1}{1+\exp(\alpha_i + x_{i5}\beta)}$$

$$P5 = \frac{1}{1+\exp(\alpha_i + x_{i1}\beta)} \times \frac{1}{1+\exp(\alpha_i + x_{i2}\beta)} \times \frac{1}{1+\exp(\alpha_i + x_{i3}\beta)}$$

$$\times \frac{1}{1+\exp(\alpha_i + x_{i4}\beta)} \times \frac{\exp\,(\alpha_i + x_{i5}\beta)}{1+\exp(\alpha_i + x_{i5}\beta)}$$

Selanjutnya $\Pr(y_{i1} + y_{i2} + \cdots + y_{i5} = 1) = \mathrm{P1} + \mathrm{P2} + \mathrm{P3} + \mathrm{P4} + \mathrm{P5}$

$$= \frac{\exp(\alpha_i + x_{i1}\beta) + \exp\,(\alpha_i + x_{i2}\beta) + \exp\,(\alpha_i + x_{i3}\beta) + \exp\,(\alpha_i + x_{i4}\beta) + \exp\,(\alpha_i + x_{i5}\beta)}{(1+\exp\,(\alpha_i + x_{i1}\beta)(1+\exp(\alpha_i + x_{i2}\beta)(1+\exp(\alpha_i + x_{i3}\beta)\,(1+\exp(\alpha_i + x_{i4}\beta)\,(1+\exp(\alpha_i + x_{i5}\beta))}$$

Maka didapatkan probabilitas untuk T=5 adalah sebagai berikut:

$$(P1|\textstyle\sum_{t=1}^{5} y_{it} = 1) = \frac{1}{D}$$

$$(P2|\textstyle\sum_{t=1}^{5} y_{it} = 1) = \frac{\exp(x_{i2} - x_{i1})\beta}{D}$$

$$(P3|\textstyle\sum_{t=1}^{5} y_{it} = 1) = \frac{\exp(x_{i3} - x_{i1})\beta}{D}$$

$$(P4|\textstyle\sum_{t=1}^{5} y_{it} = 1) = \frac{\exp(x_{i4} - x_{i1})\beta}{D}$$

$$(P5|\textstyle\sum_{t=1}^{5} y_{it} = 1) = \frac{\exp(x_{i5} - x_{i1})\beta}{D}$$

dengan

$$\mathrm{D} = 1 + \exp(x_{i2} - x_{i1})\beta + \exp(x_{i3} - x_{i1})\beta + \exp(x_{i4} - x_{i1})\beta + \exp(x_{i5} - x_{i1})\beta$$

Selanjutnya diperoleh model regresi logistik biner data panel efek tetap dengan empat variabel bebas yang bersesuaian dengan data indeks pembangunan manusia adalah sebagai berikut:

$$\pi(x_{it}) = \frac{\exp(x_{ki2}-x_{ki1})\beta_k + \exp(x_{ki3}-x_{ki1})\beta_k + \exp(x_{ki4}-x_{ki1})\beta_k + \exp(x_{ki5}-x_{ki1})\beta_k}{1+\exp(x_{ki2}-x_{ki1})\beta_k + \exp(x_{ki3}-x_{ki1})\beta_k + \exp(x_{ki4}-x_{ki1})\beta_k + \exp(x_{ki5}-x_{ki1})\beta_k} \quad (4)$$

Selanjutnya Persamaan (4) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\pi(x_{it}) = \frac{\exp\,(\sum_{t=2}^{5}(x_{kit}-x_{ki1})\beta_k)}{1+\exp\,(\sum_{t=2}^{5}(x_{kit}-x_{ki1})\beta_k)}\; i = 1,2 \ldots 24\,;\, k = 1,2,3,4 \quad (5)$$

dengan $\pi(x_{it})$ merupakan peluang kejadian sukses atau Y=1.

Fungsi $\pi(x_{it})$ merupakan fungsi non linear sehingga perlu dilakukan transformasi logit untuk memperoleh fungsi linear sehingga hubungan antara variabel bebas dan terikat dapat dilihat, yaitu:

$$y_{it} = g(x_{it}) = ln\left[\frac{\pi(x_{it})}{1-\pi(x_{it})}\right] = \sum_{t=2}^{5}\sum_{k=1}^{4}(x_{kit} - x_{ki1})\beta_k \qquad (6)$$

maka model regresi logistik dapat dituliskan dalam bentuk persamaan berikut ini:

$$\pi(x_{it}) = \frac{\exp\ g(x_{it})}{1 + \exp\ g(x_{it})}$$

Berdasarkan Persamaan (5), parameter β diestimasi dengan metode maksimum *likelihood*. Diketahui y_{it} berdistribusi Bernoulli, sehingga fungsi kepadatan peluangnya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$f(y_{it};\beta) = \pi(x_{it})^{y_{it}}[1 - \pi(x_{it})]^{1-y_{it}} \qquad (7)$$

Selanjutnya fungsi *likelihood* Persamaan (7) dinyatakan sebagai berikut:

$$l(\beta|x) = \prod_{i=1}^{24}\pi(x_{it})^{y_{it}}\,[1 - \pi(x_{it})]^{1-y_{it}}$$

untuk mempermudah perhitungan, maka fungsi *likelihood* dimaksimumkan dalam bentuk ln $l(\beta)$ dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\ln\ l(\beta) = \ln\left(\prod_{i=1}^{24}\pi(x_{it})^{y_{it}}\,[1 - \pi(x_{it})]^{1-y_{it}}\right)$$
$$\ln\ l(\beta) = \sum_{i=1}^{n}[y_i \ln \pi(x_{it}) + (1 - y_{it})\ln(1 - \pi(x_{it}))] \qquad (8)$$

Dengan mensubtitusikan $\pi(x_{it})$ pada Persamaan (6) ke Persamaan (8) maka:

$$\ln\ l(\beta) = \sum_{i=1}^{24}\left[y_i \ln\left(\frac{\exp\ g(x_{it})}{1+\exp\ g(x_{it})}\right) + (1 - y_i)\ln\left(1 - \frac{\exp\ g(x_{it})}{1+\exp\ g(x_{it})}\right)\right]$$

$$\ln\ l(\beta) = \sum_{i=1}^{24}[y_i g(x_{it}) - \ln(1 + \exp\ g(x_{it}))]$$

$$= \sum_{i=1}^{24}\left[y_{it}\left(\sum_{t=2}^{5}\sum_{k=1}^{4}(x_{kit} - x_{ki1})\beta_k\right)\right]$$
$$- \sum_{i=1}^{24} ln[1 + \exp\left(\sum_{t=2}^{5}\sum_{k}^{4}(x_{kit} - x_{ki1})\,\beta_k\right)] \qquad (9)$$

Selanjutnya, bentuk ln dari fungsi *likelihood* pada Persamaan (9) diturunkan terhadap β_k untuk mendapat β dan hasil dari turunan tersebut disamakan dengan nol, sehingga dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\frac{\partial \ln l(\beta)}{\partial \beta_k} = 0$$

$$\sum_{i=1}^{24}\left\{\sum_{t=2}^{5}\sum_{k=1}^{4}(x_{kit} - x_{ki1})\left(y_{it} - \frac{\exp\left(\sum_{t=2}^{5}\sum_{k=1}^{4}(x_{kit}-x_{ki1})\beta_k\right)}{1+\exp\left(\sum_{t=2}^{5}\sum_{k=1}^{4}(x_{kit}-x_{ki1})\beta_k\right)}\right)\right\} = 0 \qquad (10)$$

Hasil penurunan dari fungsi logaritma natural *likelihood* terhadap β_k pada Persamaan (10) menghasilkan persamaan yang implisit sehingga bentuk pasti dari $\boldsymbol{\beta}$ sulit ditentukan secara analitik. Oleh karena itu, untuk mengestimasi parameter $\boldsymbol{\beta}$ dapat dilakukan secara iteratif berdasarkan metode *fisher scoring*. Adapun langkah-langkah dalam algoritma *fisher scoring* adalah sebagai berikut:

a. Menentukan nilai awal $\beta^{(0)}$ yang diperoleh dengan menggunakan metode *least square*.
b. Menentukan matriks informasi dengan menghitung negatif dari nilai ekspektasi matriks turunan kedua fungsi logaritma natural *likelihood*. Untuk mendapatkan turunan kedua dari fungsi logaritma natural *likelihood* dapat dilakukan dengan menurunkan fungsi pada Persamaan (10) terhadap β_k sebagai berikut:

$$\frac{\partial^2 \ln l(\beta)}{\partial \beta_k \partial \beta_k{}'} = 0$$

$$-\sum_{i=1}^{24}\left\{\sum_{t=2}^{5}\sum_{k=1}^{4}(x_{kit} - x_{ki1})\left(\pi\left(x_{it}\right)\left(1-\pi\left(x_{it}\right)\right)\right)\right\} = 0$$

c. Melakukan iterasi mulai dari t=0 menggunakan persamaan berikut:

$$\boldsymbol{\beta}^{(t+1)} = \boldsymbol{\beta}^{(t)} + \boldsymbol{I}\left(\boldsymbol{\beta}^{(t)}\right)^{-1}\boldsymbol{s}\left(\boldsymbol{\beta}^{(t)}\right)$$

dengan, $\boldsymbol{I} = -\boldsymbol{E}\left(\frac{\partial^2 \boldsymbol{lnL}}{\partial\beta_k\partial\beta_k{}'}\middle|\boldsymbol{d}\right) = -\frac{\partial^2 \boldsymbol{lnL}}{\partial\beta_k\partial\beta_k{}'}$ dan $\boldsymbol{s}\left(\boldsymbol{\beta}^{(t)}\right) = \frac{\partial \boldsymbol{lnL}}{\partial\beta_k}$

d. Mengulangi iterasi sampai diperoleh nilai parameter yang konvergen, yaitu ketika $|\boldsymbol{\beta}^{(t+1)} - \boldsymbol{\beta}^{(t)}| \le \boldsymbol{\epsilon}$ dengan ϵ adalah nilai bilangan positif kecil ϵ = 0,001. Kemudian mengambil $\boldsymbol{\beta}^{(t+1)}$ sebagai estimasi dari $\boldsymbol{\beta}$**.**

4. Kesimpulan

Model regresi logistik biner data panel efek tetap menggunakan *conditional maximum likelihood estimation* adalah sebagai berikut:

$$P\left((y_{i1}, y_{i2} \dots y_{i5}|\sum_{t=1}^{5} y_{it}\right) = \frac{\exp\left(\beta\sum_{t=1}^{5} x_{it}\, y_{it}\right)}{\sum_{d\in B_i}\exp(\beta\sum_{t=1}^{5} x_{it}\, y_{it})}$$

Metode *maximum likelihood estimation* dengan algoritma *fisher scoring* digunakan untuk memperoleh estimasi parameternya melalui persamaan:

$$\boldsymbol{\beta}^{(t+1)} = \boldsymbol{\beta}^{(t)} + \boldsymbol{I}\left(\boldsymbol{\beta}^{(t)}\right)^{-1}\boldsymbol{s}\left(\boldsymbol{\beta}^{(t)}\right)$$

dengan, $\boldsymbol{I} = -\boldsymbol{E}\left(\frac{\partial^2 \boldsymbol{lnL}}{\partial\beta_k\partial\beta_k{}'}\middle|\boldsymbol{d}\right) = -\frac{\partial^2 \boldsymbol{lnL}}{\partial\beta_k\partial\beta_k{}'}$ dan $\boldsymbol{s}\left(\boldsymbol{\beta}^{(t)}\right) = \frac{\partial \boldsymbol{lnL}}{\partial\beta_k}$

Daftar Pustaka

[1] Kurniawan. *Analisis Data dengan Menggunakan STATA 14.* Yogyakarta: Deepublish Publisher, 2019.

[2] Khotimah, M. K. & Wulandari, S. P. Model Regresi Logistik Biner Stratifikasi Pada Partisipasi Ekonomi Perempuan Di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni Pomits,* 3(1), 2337-3520, 2014.

[3] Wardhani, L. R. Analisis Keputusan Konsumen Memilih Bahan Bakar Minyak (BBM) menggunakan Model Regresi Logistik Biner dan Model Log Liner (Studi Kasus SPBU 44.502.10 Ketileng Semarang). *Jurnal Gaussian*, 4(4), 927-936, 2015.

[4] Marlenea, L. Regresi Logistik Pada Model Problem Based Learning Berbantu Software Cabri 3D. *Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika,* 5(1), 64-70, 2017.

[5] Khaeri, H. & Ghandi, P. Penerapan Model Regresi Logistik Biner pada Motif Faktor Kewirusahaan Perempuan. *Prima Jurnal Pendidikan Matematika.* 1(2), 67-80, 2018.

[6] Baltagi, B. *Econometric*(5^{th} ed). New York : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.

[7] Jayanti, S. Penerapan Regresi Logistik Data Panel pada Evaluasi Kebijakan Inflation Targeting Framework di Pulau Jawa Periode (2006-2015). Skripsi. Statistika. Sekolah Tinggi Ilmu Statistik, 2017.

[8] Atkinson, P.M., German, S.E., Sear, D.A. & Clark, M.J. Exploring the Relation Between Riverbank Erosion and Geomorphological Controls Using Geographically Weighted Logistic Regression. *Geographical Analysis*, 35, 59-82, 2003.

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

[10] Kurniawan. *Analisis Data dengan Menggunakan STATA 14.* Yogyakarta: Deepublish Publisher, 2019.