IJM: Indonesian Journal of Multidisciplinary
e-ISSN: 3025-5961
Volume 3 Nomor 3 Tahun 2025
https://ojs.csspublishing.com/index.php/ijm

Perbandingan Metode *Weighted Least Squares* dan *Huber White* Mengatasi Data yang Bersifat Heteroskedastisitas

Sanggul Marito Sihombing[1], Mardiningsih[2], Rahmawati Pane[3], Sutarman[4]
Universitas Sumatera Utara
e-mail: sanggulmarito123@gmail.com

Abstract
In multiple linear regression analysis using the Ordinary Least Squares (OLS) method as the parameter estimator, that the resulting regression coefficient estimthere are assumptions that must be met so ates are Best Linear Unbiased Estimator (BLUE). One of the violations if the assumption is not met is called heteroscedasticity where the residual variance is not constant, resulting in an inefficient estimate so that a way is needed to overcome heteroscedasticity. This study aims to compare two methods that can be used to overcome heteroscedasticity problems, namely Weighted Least Squares (WLS) and Huber-White. Using real estate dataset in Taiwan in 2012-2013, heteroscedasticity is detected by Glejser test. The two methods were compared in terms of estimation efficiency. It is found that the WLS method is more efficient than the HW method in overcoming heteroscedasticity in this dataset by obtaining $eff(\hat{\beta}_{WLS}/\hat{\beta}_{OLS}) < 1$ *of 0.28 and* $eff(\hat{\beta}_{HW}/\hat{\beta}_{WLS}) > 1$ *of 2.83.*
Keywords: *Heteroskedasticity, OLS, WLS, Huber-White, Estimation efficiency*

Abstrak
Dalam analisis regresi linear berganda dengan metode *Ordinary Least Squares* (OLS) sebagai penduga parameternya, ada asumsi yang harus terpenuhi agar penduga koefisien regresi yang dihasilkan besifat *Best Linear Unbiased Estimator* (BLUE). Salah satu pelanggaran jika asumsi tersebut tidak terpenuhi disebut heteroskedastisitas di mana varians residual tidak konstan sehingga menghasilkan estimasi yang tidak efisien sehingga dibutuhkan cara untuk mengatasi heteroskedastisitas. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dua metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah heteroskedastisitas, yaitu *Weighted Least Squares* (WLS) dan *Huber-White*. Menggunakan dataset *real estate* di Taiwan pada tahun 2012-2013 yang terdeteksi heteroskedastisitas dengan uji *Glejser*. Kedua metode dibandingkan tingkat efisiensi estimasinya. Diperoleh metode *WLS* lebih efisien dari metode WLS dalam mengatasi heteroskedastisitas dalam dataset ini dengan diperoleh $eff(\hat{\beta}_{WLS}/\hat{\beta}_{OLS}) < 1$ yaitu 0.28 dan $eff(\hat{\beta}_{HW}/\hat{\beta}_{WLS}) > 1$ sebesar 2.83.
Kata Kunci*:* Heteroskedastisitas, OLS, WLS, *Huber-White*, Efisiensi estimasi

PENDAHULUAN

Analisis regresi merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk mempelajari hubungan antara variabel dependen dan independen. Dalam penerapannya, model regresi linier klasik mensyaratkan terpenuhinya beberapa asumsi, salah satunya adalah homoskedastisitas, yaitu kondisi di mana varians dari residual bersifat konstan. Ketika asumsi ini tidak terpenuhi, terjadi heteroskedastisitas yang dapat menyebabkan hasil estimasi regresi menjadi tidak efisien dan kesalahan standar menjadi bias, sehingga mempengaruhi keakuratan pengambilan keputusan.

Untuk mengatasi heteroskedastisitas, beberapa pendekatan telah digunakan, antara lain *Weighted Least Squares (*WLS) dan *Huber-White.* WLS melakukan pembobotan terhadap data dengan memberikan nilai bobot yang lebih besar pada pengamatan yang memiliki varians kecil dan sebaliknya. Pendekatan ini memungkinkan model menghasilkan estimasi parameter yang lebih efisien pada data yang bersifat heteroskedastik (Maziyya et al., 2015). Di sisi lain, metode Huber-White atau *robust standard error* tidak mengubah struktur model regresi, tetapi menghitung ulang kesalahan standar agar tetap valid meskipun asumsi homoskedastisitas dilanggar (Mansournia et al., 2021). Meskipun kedua metode sama-sama bertujuan untuk menangani heteroskedastisitas, pendekatan yang digunakan berbeda. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui metode mana yang memberikan estimasi parameter yang lebih efisien dalam kondisi data yang mengandung heteroskedastisitas. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi metode WLS dan *Huber-White* dalam analisis regresi linear, dengan menggunakan ukuran varians dari estimasi koefisien regresi sebagai indikator efisiensi, dan diterapkan pada data sekunder yang telah terdeteksi mengandung heteroskedastisitas.

Regresi linier adalah salah satu metode statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara satu variabel dependen dan satu atau lebih variabel independen (Suyono, 2008). Model regresi linier berganda dapat dituliskan sebagai:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

dengan Y sebagai variabel dependen, X_1, ⋯, X_k sebagai variabel independen, dan ε sebagai galat. Metode OLS digunakan untuk menaksir parameter yaitu, β dengan tujuan meminimalkan jumlah kuadrat error $\sum \varepsilon_i^2$. Dari persamaan $\boldsymbol{Y} = \boldsymbol{X\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$ diperoleh $\boldsymbol{\varepsilon} = \boldsymbol{Y} - \boldsymbol{X\beta}$. Agar model regresi memberikan hasil estimasi yang efisien, diperlukan terpenuhinya beberapa asumsi klasik. Salah satunya adalah asumsi homoskedastisitas, yaitu kondisi di mana varians error konstan pada semua nilai variabel independen:

$$\text{var}(\varepsilon_i) = \sigma^2$$

Jika varians error berubah-ubah, maka terjadi heteroskedastisitas. Hal ini menyebabkan estimasi *Ordinary Least Squares* (OLS) menjadi tidak efisien dan mengakibatkan kesalahan standar yang bias (Gujarati, 2009; Greene, 2002).

Pengujian Heteroskedastisitas dapat dilakukan dengan metode informal maupun formal. Metode informal dilakukan dengan melihat hasil plot residual setelah dilakukan analisis regresi awal. Ketika plot residual memiliki kecenderungan membentuk pola tertentu maka dapat diasumsikan bahwa data tersebut mengandung heteroskedastisitas. Sedangkan untuk metode Formal ada beberapa metode yang dapat digunakan salah satunya uji *Glejser*. Uji ini dilakukan dengan hipotesis:
H_0: Homoskedastisitas

$$\text{var}(\varepsilon_i) = \sigma^2$$

H_1: Pelanggaran Homoskedastisitas (Heteroskedastisitas)

$$\text{var}(\varepsilon_i) = {\sigma_i}^2$$

Dengan pengambilan keputusan:

1. Jika nilai *p-value* dari regesi nilai absolut ε_i > 0,05, maka disimpulkan H_0 diterima kondisi homoskedastisitas
2. Jika nilai *p-value* regesi nilai absolut ε_i < 0,05, maka disimpulkan H_0 ditolak bahwa terdeteksi adanya kondisi heteroskedastisitas

Uji ini diterapkan dengan membentuk model regresi baru dengan menggunakan nilai absolut residual $|\hat{\varepsilon}_i|$. Untuk mendeteksi heteroskedastisitas, dilakukan uji signifikansi terhadap koefisien regresi tersebut. *Glejser* menyarankan untuk mengestimasi kembali nilai absolut $\hat{\varepsilon}_i$ dari pada variabel independen yang diduga berhubungan erat dengan ${\sigma_i}^2$ (Gujarati, 2009).

Salah satu metode yang dikembangkan untuk mengatasi heteroskedastisitas adalah *Weighted Least Sqquares* (WLS). Metode ini memberikan bobot w_i pada setiap observasi. Metode kuadrat terkecil berbobot meminimalkan jumlah residu kuadrat terbobot:

$$\sum w_i \hat{\varepsilon}_i^2 = \sum w_i \left(Y_i - \hat{\beta}_0^* - \hat{\beta}_1^* X_i\right)^2$$

dimana $\hat{\beta}_0^*$ dan $\hat{\beta}_1^*$ adalah estimator WLS. Bobot yang diberikan akan memperbesar peran observasi dengan varians kecil, dan mengecilkan pengaruh observasi dengan varians besar (Maziyya et al., 2015; Montgomery et al., 2012). Selain WLS, metode *Huber-White* atau yang dikenal sebagai robust standard error digunakan untuk memperbaiki matriks kovarians tanpa mengubah struktur model regresi. Pendekatan ini menghitung ulang varians koefisien agar tetap valid meskipun asumsi homoskedastisitas dilanggar. Matriks kovarians robust dirumuskan sebagai:

$$var\left(\hat{\beta}\right) = (X'X)^{-1}X'S_0X(X'X)^{-1}$$

Metode ini memberikan estimasi standard error yang konsisten terhadap bentuk varians residual yang tidak diketahui secara pasti (White, 1980; Mansournia et al., 2021).

Dalam membandingkan dua metode estimasi regresi, indikator yang umum digunakan antara lain koefisien determinasi, standard error, dan nilai p. Selain itu, varians koefisien estimasi sering digunakan untuk menilai efisiensi. Salah satu ukuran kuantitatif yang digunakan adalah efisiensi relatif:

$$eff\left(\frac{\hat{\beta}^*}{\hat{\beta}}\right) = \frac{var(\hat{\beta}^*)}{var(\hat{\beta})}$$

Penaksir $\hat{\beta}^*$ dikatakan lebih efisien dibanding $\hat{\beta}$ jika $\frac{var(\hat{\beta}^*)}{var(\hat{\beta})} < 1$ atau

$$var(\hat{\beta}^*) < var(\hat{\beta})$$

Metode dengan varians estimasi yang lebih kecil dinilai lebih efisien dalam menghasilkan parameter regresi (Mendenhall et al., 2008).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur, dengan menganalisis data sekunder untuk membandingkan efektivitas metode Weighted Least Squares (WLS) dan Huber-White dalam menangani heteroskedastisitas pada regresi linear. Data yang digunakan merupakan data sekunder mengenai harga properti yang diunduh dari situs Kaggle. Dataset ini memuat informasi harga rumah ribuan dolar per ping di Taiwan tahun 2012–2013 sebagai variabel dependen, serta beberapa variabel independen, yaitu X1 *house age* merupakan umur rumah dalam satuan tahun, X2 *distance to the nearest MRT station* jarak rumah ke stasiun kereta bawah tanah terdekat dalam satuan meter, X3 *number of convenience stores* jumlah minimarket disekitar rumah, X4 *latitude* posisi utara atau selatan suatu titik dari garis khatulistiwa dan X5 *longitude* posisi timur atau barat dari garis meridian utama rumah.

Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Estimasi awal menggunakan OLS
   Model regresi linear diestimasi dengan metode *Ordinary Least Squares* untuk memperoleh residual.
2. Uji heteroskedastisitas
   Mendeteksi heteroskedastisitas dilakukan melalui analisis grafik dan uji *Glejser* terhadap residual yang diperoleh.
3. Penanganan heteroskedastisitas
   Metode WLS: Menentukan bobot yang didasarkan pada nilai residual terhadap variabel independen, diikuti estimasi ulang model menggunakan bobot tersebut.
   Metode *Huber-White*: Setelah menghitung residual kuadrat, matriks kovarians robust dibentuk, dan model diestimasi ulang menggunakan *robust standard error.*

4. Perbandingan efisiensi
   Efisiensi kedua metode dibandingkan dengan mempertimbangkan nilai efisiensi relatifnya.

PEMBAHASAN

Langkah pertama dalam analisis ini melakukan model regresi OLS. Model regresi OLS digunakan sebagai titik awal untuk memahami hubungan linear antara variabel dependen dan independen tanpa adanya penanganan khusus terhadap heteroskedastisitas.

Gambar 1
Hasil regresi *Ordinary Least Squares*

```
=== RINGKASAN MODEL AWAL OLS ===

                            OLS Regression Results
==============================================================================
Dep. Variable:     Y house price of unit area   R-squared:                       0.571
Model:                                  OLS   Adj. R-squared:                  0.566
Method:                       Least Squares   F-statistic:                     108.7
Date:                      Mon, 28 Oct 2024   Prob (F-statistic):           9.34e-73
Time:                              11:32:13   Log-Likelihood:                -1492.4
No. Observations:                       414   AIC:                             2997.
Df Residuals:                           408   BIC:                             3021.
Df Model:                                 5
Covariance Type:                  nonrobust
==========================================================================================================
                                             coef    std err          t      P>|t|      [0.025      0.975]
----------------------------------------------------------------------------------------------------------
const                                  -4945.5951   6211.157     -0.796      0.426   -1.72e+04    7264.269
X1 house age                              -0.2689      0.039     -6.896      0.000      -0.346      -0.192
X2 distance to the nearest MRT station    -0.0043      0.001     -5.888      0.000      -0.006      -0.003
X3 number of convenience stores            1.1630      0.190      6.114      0.000       0.789       1.537
X4 latitude                              237.7672     44.948      5.290      0.000     149.409     326.126
X5 longitude                              -7.8055     49.149     -0.159      0.874    -104.422      88.811
==============================================================================
Omnibus:                      240.068   Durbin-Watson:                   2.149
Prob(Omnibus):                  0.000   Jarque-Bera (JB):             3748.747
Skew:                           2.129   Prob(JB):                         0.00
Kurtosis:                      17.114   Cond. No.                     2.35e+07
==============================================================================
```

Sumber: Data diolah, 2025

dihasilkan nilai $\hat{\beta}$ OLS nya yaitu

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} -4945{,}595 \\ -0{,}2689 \\ -0{,}0043 \\ 1{,}1630 \\ 237{,}7672 \\ -7{,}8055 \end{bmatrix}$$

Model awal persamaan regresi yang terbentuk dari estimasi nilai parameter metode OLS adalah

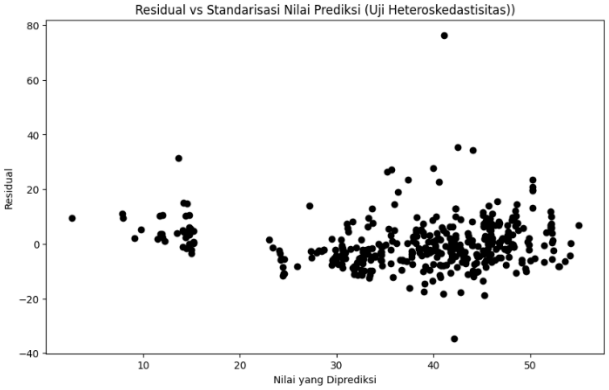
$$Y = 4945{,}595 - 0{,}2689X_1 - 0{,}0043X_2 + 1{,}1630X_3 + 237{,}7672X_4 - 7{,}8055X_5$$

Pendeteksian Heteroskedastisitas

Uji Grafis

Untuk menentukan apakah heteroskedastisitas ada atau tidak, kita dapat melihat pola dari penyebaran titik-titik data. Heteroskedastisitas biasanya ditandai dengan pola yang tidak merata atau membentuk pola tertentu.

Gambar 2
Uji *Grafis*



Sumber: Data diolah, 2025

Polanya menunjukkan bahwa varians residual cenderung meningkat untuk nilai prediksi yang lebih tinggi, yang merupakan ciri khas heteroskedastisitas. Dari hasil uji *grafis* ini data tetap harus dideteksi kembali untuk memastikan keberadaan heteroskedastisitas secara formal.

Uji Glejser

Dilakukan regresi variabel independen oleh nilai absolut residual setelah memperoleh error $\hat{\varepsilon}_i$ dari estimasi regresi linier OLS.

Gambar 3
Uji *Glejser*

```
=== UJI HETEROSKEDASTISITAS ===

                            OLS Regression Results
==============================================================================
Dep. Variable:                      y   R-squared:                       0.017
Model:                            OLS   Adj. R-squared:                  0.005
Method:                 Least Squares   F-statistic:                     1.447
Date:                Mon, 28 Oct 2024   Prob (F-statistic):              0.206
Time:                        11:32:13   Log-Likelihood:                -1352.9
No. Observations:                 414   AIC:                             2718.
Df Residuals:                     408   BIC:                             2742.
Df Model:                           5
Covariance Type:            nonrobust
==========================================================================================================
                                             coef    std err          t      P>|t|      [0.025      0.975]
----------------------------------------------------------------------------------------------------------
const                                   8988.4896   4433.700      2.027      0.043     272.743    1.77e+04
X1 house age                               0.0158      0.028      0.567      0.571      -0.039       0.071
X2 distance to the nearest MRT station    -0.0010      0.001     -2.008      0.045      -0.002   -2.19e-05
X3 number of convenience stores           -0.1416      0.136     -1.043      0.298      -0.409       0.125
X4 latitude                               18.6432     32.085      0.581      0.562     -44.430      81.716
X5 longitude                             -77.7267     35.084     -2.215      0.027    -146.694      -8.759
==============================================================================
Omnibus:                      425.730   Durbin-Watson:                   1.941
Prob(Omnibus):                  0.000   Jarque-Bera (JB):            23026.381
Skew:                           4.395   Prob(JB):                         0.00
Kurtosis:                      38.463   Cond. No.                     2.35e+07
==============================================================================
```

Sumber: Data diolah, 2025

Pada output yang diperoleh, X_1 memiliki nilai p sebesar 0.571, X_2 memiliki nilai p sebesar 0.045, X_3 memiliki nilai p sebesar 0.298, X_4 memiliki nilai p sebesar 0.562 dan X_5 memiliki nilai p sebesar 0.027. Menunjukkan bahwa variasi residual bergantung pada X_2dan X_5, terdapat heteroskedastisitas yang signifikan pada kedua variabel tersebut.

***Weighted least squares* (WLS)**

Metode Weighted Least Squares (WLS) digunakan untuk menangani masalah heteroskedastisitas dalam model regresi. faktor pembobot yang akan dianalisis adalah $\frac{1}{X_2}, \frac{1}{X_5}, \frac{1}{\sqrt{X_2}}, \frac{1}{\sqrt{X_5}}$, dan $\frac{1}{\sigma_i^2}$. Langkah selanjutnya adalah mengestimasi model regresi dengan pembobot tersebut kemudian melakukan uji *Glejser,* maka akan ditentukan bobot yang dapat mengatasi heteroskedastisitas.

Tabel 3
Faktor Pembobot WLS

Faktor Pembobot	$p-value$ Variabel ($\alpha = 0.05$)					Kesimpulan ($p-value > 0.05$))
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	
$\frac{1}{X_2}$	0.106	0.109	0.801	0.811	0.206	**Homoskedastisitas**
$\frac{1}{X_5}$	0.571	0.045	0.298	0.562	0.027	Heteroskedastisitas
$\frac{1}{\sqrt{X_2}}$	0.251	0.442	0.766	0.998	0.023	Heteroskedastisitas
$\frac{1}{\sqrt{X_5}}$	0.571	0.045	0.298	0.562	0.027	Heteroskedastisitas
$\frac{1}{\sigma_i^2}$	0.571	0,045	0,298	0,562	0.027	Heteroskedastisitas

Sumber: Data diolah, 2025

Pembobot $\frac{1}{X_2}$ dapat mengatasi heteroskedastisitas dengan diperoleh nilai *p-value* > 0.05. Berdasarkan kriteria pengujian, maka keputusan yang diambil adalah terima H_0 yaitu data tidak mengalami heteroskedastisitas setelah dilakukan pembobotan oleh metode WLS. Regresi WLS setelah dilakukan pembobotan menggunakan $\frac{1}{X_2}$

$$\frac{Y_i}{X_{2i}} = \frac{(\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + \varepsilon_i)}{X_{2i}}$$

Hasil regresi WLS yang diperoleh adalah

$$\hat{Y} = 1492.255 - 0.277X_1 - 0.0079X_2 + 1.0197X_3 + 143.62X_4 - 41.396X_5$$

Huber White

Metode ini diuji melalui model data yang menghadapi masalah heteroskedastisitas. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi apakah metode ini

dapat menangani masalah heteroskedastisitas lebih efisien dengan memiliki nilai varians estimasi koefisien regresi yang lebih rendah dari metode OLS dan WLS. Residual setiap observasi dari model OLS digunakan untuk menghitung matriks kovarians robust untuk memberikan *standar error* yang disesuaikan dengan adanya heteroskedastisitas.

$$var(\hat{\beta}_{HW}) = (X'X)^{-1}X'S_0X(X'X)^{-1}$$

Memperoleh persamaan regresi
$\hat{Y} = -4945.5951 - 0.2689X_1 - 0.0043X_2 + 1.163X_3 + 237.767X_4 - 7.8055X_5$
dan memperoleh *standar error* yang telah berubah.

Perbandingan Metode WLS dan *Huber-White*

Setiap metode memiliki pendekatan yang berbeda dalam menangani heteroskedastisitas dan varians residual yang dapat mempengaruhi varians estimasi koefisien regresi $var(\hat{\beta})$. Dengan membandingkan varians estimasi koefisien regresi dari ketiga metode tersebut, kita dapat mengevaluasi seberapa baik masing-masing metode memberikan estimasi yang efisien dalam konteks data yang Heteroskedastisitas. *standard error* untuk setiap koefisien regresi dapat dihitung dengan mengambil akar kuadrat dari elemen diagonal matriks varians kovarians estimasi parameter.

Tabel 2
Varians Estimasi Koefisien Regresi Metode OLS, WLS, dan *Huber-White*

Varians estimasi	OLS	WLS	*Huber-White*
β_0	3.86×10^7	1.08×10^7	3.06×10^7
β_1	1.52×10^{-3}	1.25×10^{-3}	1.89×10^{-3}
β_2	5.23×10^{-7}	1.35×10^{-6}	6.73×10^{-7}
β_3	3.62×10^{-2}	3.65×10^{-2}	5.46×10^{-2}
β_4	2.02×10^3	2.97×10^3	2.21×10^3
β_5	2.42×10^3	7.36×10^3	1.89×10^3

Sumber: Data diolah, 2025

Efisiensi suatu metode dapat dilihat dengan menghitung

$$eff\left(\frac{\hat{\beta}^*}{\hat{\beta}}\right) = \frac{var(\hat{\beta}^*)}{var(\hat{\beta})}$$

Nilai efisiensi relatif estimasi koefisien regresi yang diperoleh metode WLS terhadap metode OLS, dalam hal ini dimisalkan $\hat{\beta}^*$ merupakan estimasi koefisien regresi metode WLS dan $\hat{\beta}$ metode OLS

$$eff(\hat{\beta}_{WLS}/\hat{\beta}_{OLS}) = \frac{10810330.04}{38604440.04} = 0.28$$

Nilai efisiensi relatif estimasi koefisien regresi yang diperoleh metode *Huber-White* terhadap metode OLS

$$eff(\hat{\beta}_{HW}/\hat{\beta}_{OLS}) = \frac{30604100.06}{38604440.04} = 0.79$$

Nilai efisiensi relatif estimasi koefisien regresi yang diperoleh metode *Huber-White* terhadap metode WLS

$$eff(\hat{\beta}_{HW}/\hat{\beta}_{WLS}) = \frac{30604100.06}{10810330.04} = 2.83$$

Dari hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa dalam mengatasi heteroskedastisitas pada data ini, metode *WLS* lebih efisien dibanding metode OLS dan *Huber-White*. Dengan demikian model yang tepat digunakan efisien untuk mengatasi keberadaan heteroskedastisitas dalam data ini adalah metode *WLS*.

KESIMPULAN

Tingkat efisiensi estimasi metode *WLS* terhadap *Ordinary Least Squares* (OLS) adalah 0.28 dan tingkat efisiensi estimasi *Huber-White* terhadap *Weighted least squares* (WLS) 2.83. Nilai $eff(\hat{\beta}_{WLS}/\hat{\beta}_{OLS}) < 1$ dan $eff(\hat{\beta}_{HW}/\hat{\beta}_{WLS}) > 1$ menunjukkan bahwa *WLS* merupakan metode yang lebih efisien dalam menghasilkan estimasi koefisien regresi saat terjadi heteroskedastisitas pada dataset *real estate* di Taiwan pada tahun 2012-2013 dari metode OLS dan *Huber-White*. Dapat disimpulkan bahwa metode WLS mampu memberikan estimasi koefisien regresi yang lebih akurat dan andal ketika dihadapkan pada masalah heteroskedastisitas, seperti yang ditemukan dalam data *real estate* Taiwan pada periode 2012–2013, dibandingkan dengan metode OLS maupun *Huber-White*.

DAFTAR PUSTAKA

David (2006). On The So-Called "Huber Sandwich Estimator" and "Robust Standard Errors". The American Statistician, 60(4), 299–302; (2014).

Gosh, S. K. (1991). Econometric: Theory and Application. Prentice Hall International, Inc. London.

Greene (2002). Econometric Analysis, Fifth Edition. United States of America: New York University.

Gujarati, D. N. (2004). Basic Econometric, Fourth Edition. New York: McGraw-Hill.

Gujarati (2009). Ekonometrika Dasar, Edisi 5. New York: McGraw-Hill.

Long, J. S., & Ervin, L. H. (1999). Using heteroscedasticity consistent standard errors in the linear regression model. Indiana University.

Mansournia, M. A., Nazemipour, M., Naimi, A. I., Collins, G. S., & Campbell, M. J. (2021). Reflections on modern methods: demystifying robust standard errors for epidemiologists. International Journal of Epidemiology, 50(1), 346–351.

Maziyya, P. A., Sukarsa, I. K. G., & Asih, N. M. (2015). Mengatasi heteroskedastisitas pada regresi dengan menggunakan Weighted Least Square. E-Jurnal Matematika, 4(1), 20–25.

Mendenhall, Wackerly, & Scheaffer (2008). Mathematical Statistics with Applications, Seventh Edition. United States of America: Thomson Brooks/Cole.

Suyono (2015). Analisis Regresi untuk Penelitian. Jakarta: Deepublish.

Welly, Sigit, & Ramya (2022). A Comparison of Weighted Least Square and Quantile Regression for Solving Heteroscedasticity in Simple Linear Regression. Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Science, The University of Bengkulu.

Yitnosumarto, S. (1990). Dasar-dasar Statistika. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). Introduction to Linear Regression Analysis, Fifth Edition. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.