

AUTOKORELASI DALAM REGRESI LINIER SEDERHANA

Akmal Ahadi Risza¹, Sigit Nugroho² dan Fachri Faisal²

¹Alumni Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Bengkulu

²Dosen Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Bengkulu

ABSTRAK

Asumsi klasik dalam regresi linier sederhana mengasumsikan bahwa error (galat) tidak saling berkorelasi. Asumsi ini seringkali dilanggar ketika menggunakan data deret waktu (*time series*). Error yang berkorelasi menurut urutan waktu dikatakan saling berautokorelasi atau berkorelasi serial. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan penjelasan mengenai pengertian autokorelasi, apa akibat yang ditimbulkan autokorelasi, bagaimana mendeteksi keberadaan autokorelasi, dan langkah-langkah remedial bagi permasalahan autokorelasi. Pada skripsi ini, permasalahan autokorelasi dapat dihilangkan dengan mencari model regresi yang lebih tepat atau memasukkan variabel yang “hilang” ke dalam model regresi. Langkah lain untuk mengatasi permasalahan autokorelasi adalah dengan menggunakan transformasi terhadap variabel. Prosedur Cochran-Orcutt, Hidreth-Lu, Prais-Winsten, dan Perbedaan Pertama (*First Differences*) merupakan beberapa prosedur yang bergantung pada langkah ini.

Kata Kunci : *autokorelasi, regresi linier, transformasi terhadap variabel*

I. PENDAHULUAN

Regresi merupakan suatu model yang dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan antara satu atau lebih peubah bebas (*independen*) dengan satu peubah takbebas (*dependen*) (Weisberg, 1985). Istilah regresi pertama kali diperkenalkan oleh seorang antropolog Inggris yang bernama Sir Francis Galton pada tahun 1855. Selain untuk menggambarkan hubungan antara peubah bebas dengan peubah takbebas, regresi juga dapat digunakan untuk kegiatan pengestimasi nilai peubah takbebas jika nilai peubah bebasnya diketahui.

Salah satu jenis regresi yang sering digunakan untuk menggambarkan hubungan antara satu peubah bebas dengan satu peubah takbebas dalam bentuk persamaan linier disebut regresi linier sederhana.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

dengan :

Y = peubah takbebas (*dependen*).

X = peubah bebas (*independen*).

ε_i = galat (*error*).

Bila persamaan di atas menggunakan lebih dari satu peubah bebas, maka model regresi linier tersebut disebut regresi linier berganda.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Parameter $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ pada persamaan regresi linier di atas diduga dengan $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$. Penduga parameter-parameter tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan metode kuadrat terkecil dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat galat.

Penggunaan metode kuadrat terkecil dalam regresi linier harus memenuhi beberapa asumsi agar diperoleh penduga yang baik. Asumsi-asumsi yang harus dipenuhi tersebut sering disebut dengan asumsi klasik. Asumsi klasik tersebut mengharuskan hubungan antara X dengan Y bersifat linier, tidak ada korelasi antara error dengan variabel independen, tidak ada korelasi diantara error pengamatan, tidak ada multikolinieritas sempurna, dan error mengikuti distribusi Normal dengan rata-rata nol dan varian yang konstan (*Homokedastisitas*) (Pindyck & Rubinfeld, 1991).

Penggunaan regresi sebagai suatu teknik analisa sering kali berhadapan dengan data deret waktu (*time series*). Salah satu pelanggaran terhadap asumsi klasik yang sering terjadi ialah terjadinya korelasi diantara error menurut urutan waktu atau sering disebut dengan autokorelasi.

Permasalahan autokorelasi merupakan salah satu bentuk pelanggaran asumsi klasik yang dapat menimbulkan permasalahan yang cukup serius. Permasalahan autokorelasi akan mempengaruhi sifat-sifat yang dimiliki penduga metode kuadrat terkecil sehingga memerlukan jalan keluar yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Dari latar belakang permasalahan di atas, muncul ketertarikan untuk membahas lebih mendalam permasalahan autokorelasi terutama dalam regresi linier sederhana, sehingga dapat menjelaskan secara lebih luas apa yang dimaksud dengan autokorelasi, bagaimana cara untuk melihat/mendeteksi keberadaan autokorelasi, apa akibat yang ditimbulkan autokorelasi, dan bagaimana cara/jalan keluar untuk mengatasi permasalahan autokorelasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan penjelasan mengenai pengertian autokorelasi, bagaimana cara mendeteksi keberadaan autokorelasi, apa akibat yang ditimbulkan autokorelasi, dan bagaimana cara mengatasi persoalan autokorelasi, terutama dalam regresi linier sederhana

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Autokorelasi

Menurut Gujarati (1999) autokorelasi merupakan korelasi diantara anggota seri observasi yang disusun menurut urutan waktu (dalam data *time series*) atau menurut urutan tempat/ruang (dalam data *cross section*). Autokorelasi atau juga sering disebut korelasi serial merupakan suatu bentuk pelanggaran terhadap asumsi klasik yang lebih sering/dominan terjadi ketika regresi linier sebagai sebagai suatu teknik analisa menggunakan data deret waktu (*time series*), walaupun autokorelasi juga dapat terjadi dalam data *cross section*. Autokorelasi dapat disebabkan beberapa faktor, diantaranya karena manipulasi data, tidak memasukkan peubah (variabel) yang berpengaruh, atau karena kesalahan model.

Permasalahan autokorelasi akan mengakibatkan $Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-s}) \neq 0$, sehingga terjadi korelasi antara error (galat) dari suatu waktu pengamatan dengan error dari waktu pengamatan lain. Ketika terjadi autokorelasi namun asumsi-asumsi klasik lainnya terpenuhi, maka autokorelasi akan menghasikan matriks varian-kovarian error seperti berikut :

$$V^* = E[\varepsilon\varepsilon'] = \begin{bmatrix} \sigma^2 & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma^2 & \cdots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma^2 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Elemen-elemen selain diagonal utama pada matriks varian-kovarian di atas seharusnya bernilai 0, yang menandakan tidak adanya korelasi diantara error.

2.2 Autoregresif Order Pertama (*First-order Autoregressive*)

Salah satu bentuk autokorelasi sering dijumpai ialah dalam bentuk hubungan sebagai berikut :

$$\varepsilon_t = \rho\varepsilon_{t-1} + u_t \tag{2.2}$$

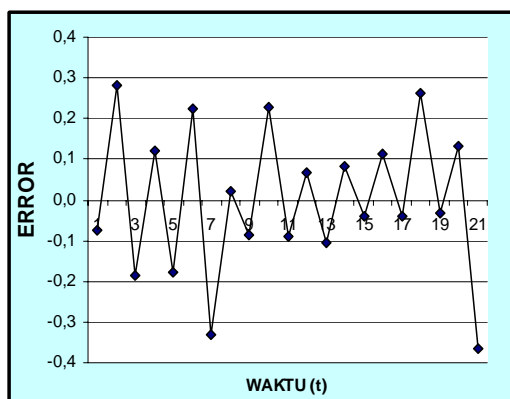
dengan :

ρ = Koefisien autokorelasi ($-1 < \rho < 1$).

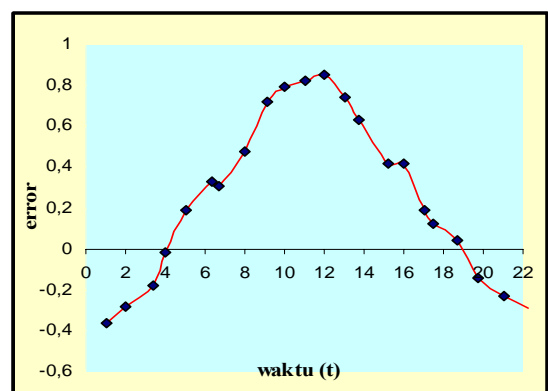
u_t = Error, dengan $u_t \sim N(0, \sigma^2)$ dan u_t saling bebas.

Persamaan (2.2) disebut dengan model autoregresif order pertama (*first-order autoregressive*), dan merupakan model yang paling populer untuk memodelkan autokorelasi atau korelasi serial (Thomas, 1996).

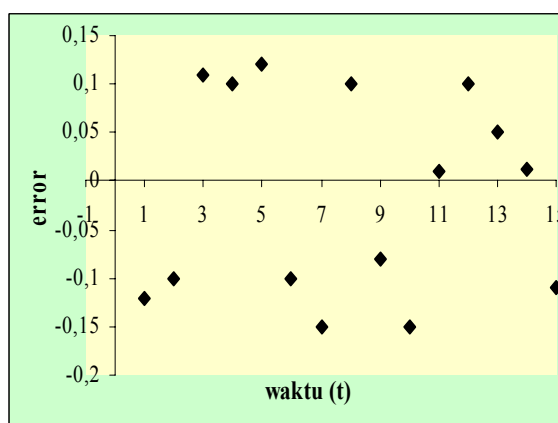
Berdasarkan model autoregresif order pertama, nilai ρ akan menentukan arah dan besarnya hubungan antara ε_{t-1} dengan ε_t . Nilai $\rho > 0$ akan mengakibatkan nilai error dari satu waktu pengamatan ke pengamatan berikutnya cenderung memiliki tanda yang sama, sehingga ketika ε_{t-1} bernilai negatif maka ε_t juga akan cenderung memiliki nilai yang negatif, dan begitu juga sebaliknya. Pola error seperti ini menandakan terjadinya autokorelasi positif. Sedangkan jika nilai $\rho < 0$, maka error akan cenderung untuk berganti-ganti tanda dari satu waktu pengamatan ke waktu pengamatan berikutnya, sehingga ketika ε_{t-1} bernilai negatif, nilai ε_t akan cenderung memiliki nilai positif, dan begitu juga sebaliknya. Pola korelasi error seperti ini sering disebut dengan autokorelasi negatif. Wujud autokorelasi positif dan negatif dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.1. Autokorelasi Negatif



Gambar 2.2. Autokorelasi Positif



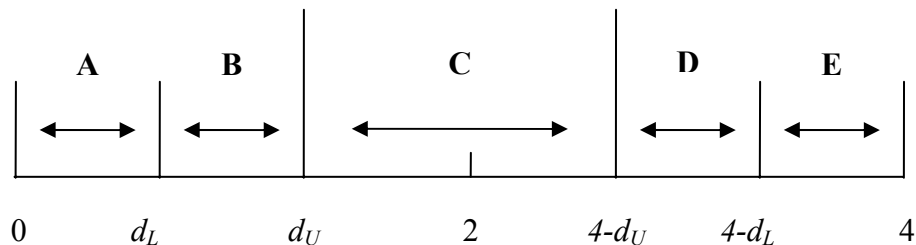
Gambar 2.3. Error yang Acak (tidak berkorelasi)

2.3 Pendeteksian Autokorelasi

Pendeteksian keberadaan autokorelasi dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya adalah dengan menggunakan metode grafik atau menggunakan uji statistik.. Metode grafik merupakan metode pendeteksi keberadaan autokorelasi yang paling sederhana yang bekerja dengan cara menggambarkan tebaran galat (error) yang diperoleh dari model regresi menurut urutan waktu/pengamatan. Bila tebaran galat (error) terhadap waktu membentuk pola tertentu, seperti pada Gambar 2.1.a dan Gambar 2.2.b, maka ada kecurigaan terjadi autokorelasi (positif atau negatif). Salah satu uji statistik yang cukup terkenal dan hampir selalu dilampirkan pada setiap keluaran paket komputer untuk mendeteksi autokorelasi ialah uji Durbin-Watson. Statistik Durbin-Watson didefinisikan sebagai berikut :

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2} \quad (2.3)$$

Nilai-nilai dari statistik Durbin-Watson mengenai kriteria ada atau tidaknya autokorelasi dapat digambarkan seperti berikut :



Gambar 2.4. Daerah Keputusan Statistik Durbin-Watson

Keterangan :

A = Daerah penolakan H_0 (ada korelasi positif).

B = D = Daerah tanpa keputusan (*inconclusive*).

C = Daerah penerimaan H_0 (tidak ada autokorelasi).

E = Daerah penolakan H_0 (ada korelasi negatif).

III. AKIBAT DAN REMEDIAL AUTOKORELASI

Permasalahan autokorelasi khususnya autoregresif order pertama tidak mempengaruhi sifat ketakbiasan (*unbiasedness*) dan kelinieran (*linearity*). Namun menurut Gujarati (1999), penggunaan metode kuadrat terkecil tanpa memperhitungkan keberadaan autoregresif order pertama akan mengakibatkan varian $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$ yang dihasilkan menjadi bias dan cenderung *underestimated*. Pendapat senada juga diungkapkan oleh Thomas (1996) yang menyatakan bahwa autoregresif order pertama akan menyebabkan varian $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$ yang dihasilkan oleh metode kuadrat terkecil pada kondisi normal akan menjadi bias dan cenderung *underestimated* ketika terjadi autokorelasi positif ($\rho > 0$). Oleh karena itu, permasalahan autokorelasi khususnya autoregresif order pertama akan mengakibatkan $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$ tidak lagi mempunyai varian yang minimum (terkecil). Selain itu, autokorelasi juga mengakibatkan s^2 menjadi bias dan cenderung *underestimated* terutama ketika terjadi autokorelasi positif (Thomas, 1996).

Bias dari varian $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$ dan varian error (galat) akan berdampak terhadap standar error $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$, selang (interval) kepercayaan $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$, pengujian parameter $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$, dan nilai koefisien determinasi (R^2) yang dihasilkan metode kuadrat terkecil pada kondisi normal. Perhitungan standar error yang bergantung dari nilai varian akan menyebabkan standar error juga menjadi bias dan cenderung *underestimated* ketika terjadi autokorelasi positif. Bias dari standar error akan berdampak terhadap pembentukan selang (interval) kepercayaan $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$, yang mengakibatkan selang kepercayaan akan cenderung lebih kecil dibandingkan dengan yang sesungguhnya sehingga mengurangi keakuratannya. Pengujian apakah ada pengaruh linier X terhadap Y dengan menggunakan uji- t juga akan memberikan hasil yang tidak tepat dan mengakibatkan hasil pengujian menjadi tidak valid. Nilai varian error yang bias dan cenderung *underestimated* akan mengakibatkan nilai koefisien determinasi (R^2) menjadi *overestimated*.

Langkah awal yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan autokorelasi adalah dengan menyelidiki penyebab terjadinya autokorelasi. Kadangkala dengan mengetahui penyebab terjadinya autokorelasi, maka permasalahan autokorelasi dapat dihilangkan. Jika langkah tersebut tidak membuahkan hasil maka dapat dilakukan transformasi terhadap peubah bebas dan peubah takbebas.

$$Y'_t = \beta'_0 X'_t + \beta'_1 X'_t + u_t \quad (3.1)$$

dengan :

$$Y'_t = Y_t - \rho Y_{t-1}$$

$$X'_t = X_t - \rho X_{t-1}$$

$$\beta'_1 = \beta_1$$

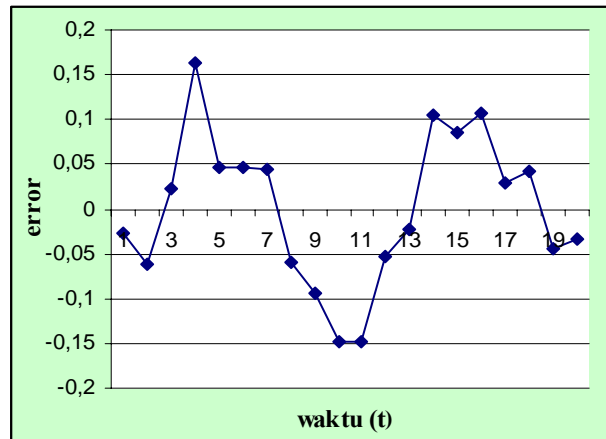
$$\beta'_0 = \beta_0(1 - \rho)$$

$$u_t = \varepsilon_t - \rho \varepsilon_{t-1}$$

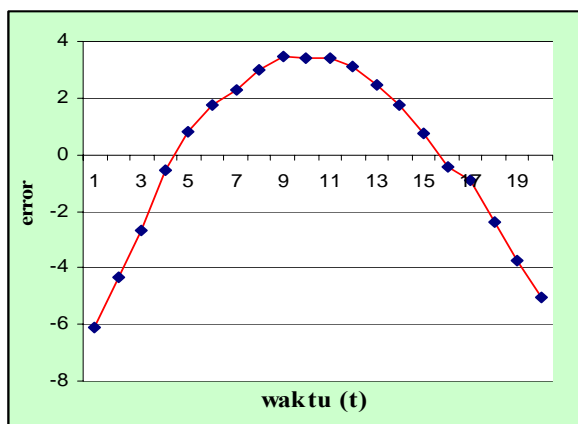
Penggunaan metode transformasi ini memerlukan informasi mengenai nilai ρ . Oleh karena itu, dapat digunakan beberapa prosedur pemilihan nilai ρ yang berdasarkan cara dan kriteria tertentu. Beberapa diantaranya adalah Prosedur Cochrane-Orcutt (1949), Hildreth-Lu (1960), Prais-Winsten (1954), dan Perbedaan Pertama (*First Differences Procedure*).

IV. STUDI KASUS

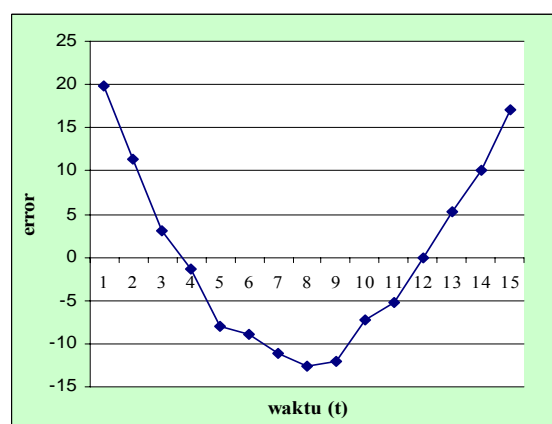
Plot error terhadap waktu merupakan salah satu rangkaian pemeriksaan error (sisa) yang bertujuan untuk melihat kecocokan suatu model regresi. Pola-pola tebaran error terhadap waktu diharapkan tidak membentuk pola-pola tertentu sehingga asumsi keindepedenan galat terpenuhi. Namun pola tebaran error terhadap waktu seringkali membentuk pola-pola yang sistematis. Beberapa diantaranya adalah seperti berikut :



Gambar 4.1. Pola Error Seperti Siklik

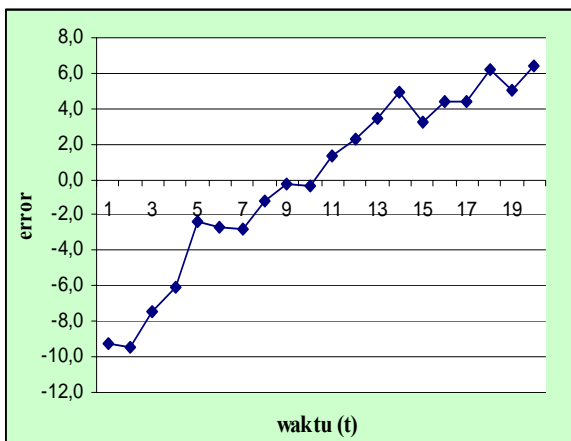


(a)

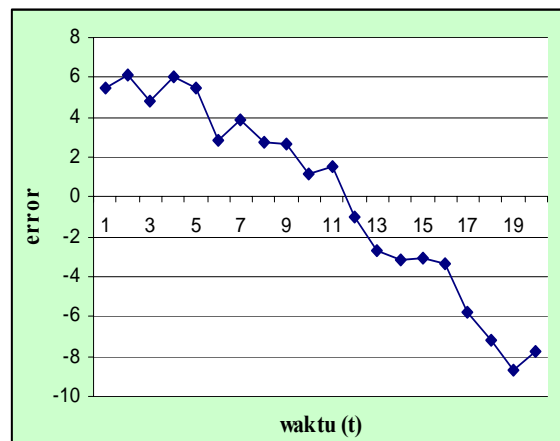


(b)

Gambar 4.2. Pola Error Seperti Kurva

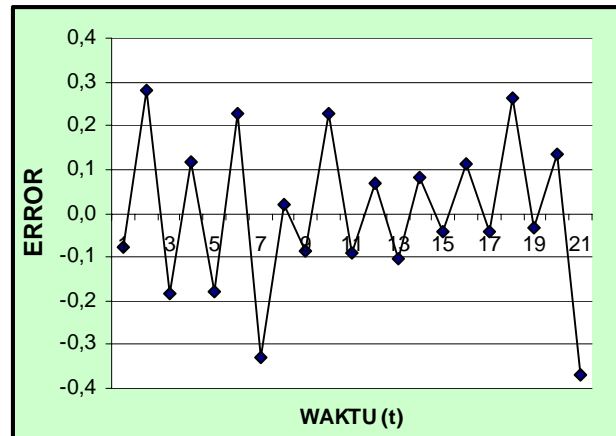


(a)



(b)

Gambar 4.3. Pola Error Seperti Garis Lurus



Gambar 4.4. Pola Error Berganti-ganti Tanda

4.1 Langkah Remedial

Pengujian keberadaan autokorelasi dengan menggunakan uji Durbin-Watson terhadap pola-pola error pada Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3 menunjukkan terjadinya autokorelasi positif, sedangkan terhadap Gambar 4.4 menunjukkan terjadinya autokorelasi negatif. Hasil pengujian ini bermanfaat dalam pemilihan prosedur yang tepat untuk mengatasi permasalahan autokorelasi.

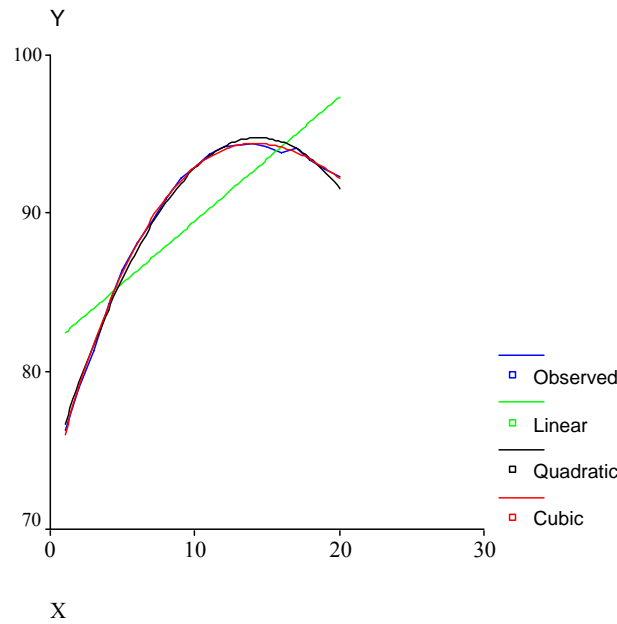
Penyebab terjadinya autokorelasi seringkali karena tidak memasukkan variabel yang berpengaruh ke dalam model regresi atau salah dalam menentukan model regresi yang digunakan. Gambar 4.2.a dan 4.2.b memperlihatkan error yang berbentuk kurva, yang menandakan bahwa model regresi yang digunakan belum tepat. Model regresi yang seharusnya digunakan ialah model non-linier. Gambar 4.3.a dan 4.3.b memperlihatkan pola error seperti garis lurus sehingga error membesar/mengecil seiring waktu. Pola error seperti ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh waktu atau variabel lain yang belum dimasukkan ke dalam model.

Langkah remedial dengan menggunakan transformasi terhadap variabel dependen maupun independen dapat dilakukan apabila usaha memasukkan variabel yang berpengaruh atau mengganti model regresi yang digunakan tidak membuahkan hasil atau tidak dapat dilakukan. Langkah remedial untuk contoh-contoh kasus di atas adalah sebagai berikut:

4.1.1 Mengganti Model atau Memasukkan Variabel yang Berpengaruh

4.1.1.1 Pola Error Seperti Kurva

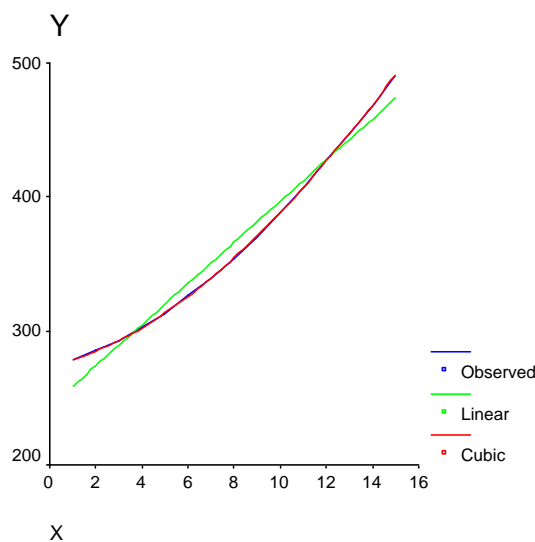
Pola error pada Gambar 4.2.a memperlihatkan terbentuknya pola error yang berbentuk kurva. Hal ini mengindikasikan bahwa model regresi linier sederhana bukanlah model yang tepat untuk digunakan. Kecocokan antara data dan beberapa model regresi dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.5. Kecocokan Data Gambar 4.2.a dengan Beberapa Model

Gambar di atas memperlihatkan bahwa model regresi yang tepat ialah kubik. Penggunaan regresi linier sederhana mengakibatkan error membentuk pola seperti kurva. Penggantian model regresi yang digunakan menghasilkan nilai $d = 1,92$. Nilai batas atas (d_U) dan batas bawah (d_L) untuk $n = 20$, $k = 3$, dan taraf keberartian 1% adalah 1,41 dan 0,77. Pengujian dua arah memberikan kesimpulan bahwa H_0 tidak ditolak untuk taraf keberartian 2% karena nilai $d > d_U$ dan $4 - d = 2,08 > d_U$.

Pola error pada Gambar 4.2.b juga memperlihatkan pola error yang mirip dengan Gambar 4.2.a yang menandakan bahwa model yang digunakan juga belum tepat. Kecocokan antara data dan beberapa model regresi dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.6. Kecocokan Data Gambar 4.2.b dengan Beberapa Model

Gambar di atas juga menunjukkan bahwa model regresi linier sederhana bukanlah model yang tepat dan model yang lebih tepat ialah kubik. Penggunaan regresi linier sederhana akan mengakibatkan error membentuk kurva seperti Gambar 4.2.b.

Penggantian model regresi yang digunakan menghasilkan nilai $d = 2,38$. Nilai batas atas (d_U) dan batas bawah (d_L) untuk $n = 15$, $k = 3$, dan taraf keberartian 1% adalah 1,46 dan 0,59. Pengujian dua arah juga memberikan kesimpulan bahwa H_0 tidak ditolak untuk taraf keberartian 2% karena nilai $d > d_U$ dan $4 - d = 1,62 > d_U$.

4.1.1.2 Pola Error Seperti Garis Lurus

Pola error pada Gambar 4.3.a memperlihatkan terbentuknya pola linier positif, sehingga error membesar seiring waktu. Pola seperti ini terjadi karena adanya pengaruh waktu yang belum dimasukkan ke dalam model.

Penambahan variabel waktu ke dalam model menghasilkan nilai $d = 1,64$. Nilai batas atas (d_U) dan batas bawah (d_L) untuk $n = 20$, $k = 2$, dan taraf keberartian 1% adalah 1,27 dan 0,86. Pengujian dua arah memberikan kesimpulan bahwa H_0 tidak ditolak untuk taraf keberartian 2% karena nilai $d > d_U$ dan $4 - d = 2,36 > d_U$.

Sedangkan pola error pada Gambar 4.3.b memperlihatkan terbentuknya pola linier negatif, sehingga error mengecil seiring waktu. Pola error seperti ini juga menunjukkan adanya pengaruh variabel waktu yang belum dimasukkan ke dalam model.

Penambahan variabel waktu ke dalam model menghasilkan nilai $d = 1,41$. Nilai batas atas (d_U) dan batas bawah (d_L) untuk $n = 20$, $k = 2$, dan taraf keberartian 1% adalah 1,27 dan 0,86. Nilai $d > d_U$ dan $4 - d = 2,59 > d_U$ mengakibatkan H_0 tidak ditolak untuk taraf keberartian 2%.

Permasalahan autokorelasi seperti Gambar 4.2 dan 4.3 ternyata dapat diatasi tanpa perlu melakukan transformasi terhadap variabel dependen maupun independen. Permasalahan autokorelasi seperti Gambar 4.2 ternyata dapat dihilangkan dengan mencari model regresi yang lebih tepat. Sedangkan pola error pada Gambar 4.3 dapat diatasi dengan memasukkan variabel yang berpengaruh ke dalam model.

4.1.2 Transformasi Variabel

Bila usaha mencari model regresi yang lebih tepat atau memasukkan variabel yang berpengaruh ke dalam model tidak berhasil, maka langkah lain yang dapat ditempuh adalah dengan melakukan transformasi terhadap variabel. Penggunaan prosedur-prosedur yang berdasarkan transformasi terhadap variabel untuk contoh kasus Gambar 4.1 dan 4.4 adalah seperti berikut :

4.1.2.1 Pola Error Seperti Siklik

Pengujian keberadaan autokorelasi terhadap pola error pada Gambar 4.1 menunjukkan terjadinya autokorelasi positif ($\rho > 0$). Korelasi antara ε_t dan ε_{t-1} dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1. Koefisien Korelasi Pola Error Seperti Siklik

		ε_t	ε_{t-1}
ε_t	Pearson Correlation	1	,630(**)
	Sig. (2-tailed)	.	,004
	N	19	19
ε_{t-1}	Pearson Correlation	,630(**)	1
	Sig. (2-tailed)	,004	.
	N	19	19

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabel koefisien korelasi di atas memperlihatkan adanya korelasi positif yang cukup tinggi dan signifikan antara ε_t dan ε_{t-1} . Prosedur-prosedur yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan autokorelasi positif diantaranya adalah prosedur Cochrane-Orcutt, Hildreth-Lu, Prais-Winsten, dan Perbedaan Pertama (*First Differences*).

Penggunaan prosedur Cochrane-Orcutt, Prais-Winsten, Hildreth-Lu, dan Perbedaan Pertama (*First Differences*) terhadap pola error seperti siklik (Gambar 4.1) menghasilkan output sebagai berikut :

Tabel 4.2. Penerapan Beberapa Prosedur Remedial Terhadap Pola Error Seperti Siklik

Prosedur	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$se(\hat{\beta}_0)$	$se(\hat{\beta}_1)$	MSE (s^2)
Metode Kuadrat Terkecil	-1,455	0,176	0,214	0,0010	0,0070
Cochrane-Orcutt	-0,487	0,170	0,722	0,0045	0,0047
Hildreth-Lu	1,775	0,160	1,450	0,0070	0,0040
Prais-Winsten	-1,268	0,175	0,365	0,0024	0,0046
<i>First Differences</i>	-0,231	0,168	-	0,0050	0,0048

4.1.2.2 Pola Error Berganti-ganti Tanda

Pengujian keberadaan autokorelasi terhadap pola error pada Gambar 4.4 menunjukkan terjadinya autokorelasi negatif ($\rho < 0$). Korelasi antara ε_t dan ε_{t-1} dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.3. Koefisien Korelasi Pola Error Berganti-ganti Tanda

		ε_t	ε_{t-1}
ε_t	Pearson Correlation	1	-,674(**)
	Sig. (2-tailed)	.	,001
	N	20	20
ε_{t-1}	Pearson Correlation	-,674(**)	1
	Sig. (2-tailed)	,001	.
	N	20	20

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabel di atas memperlihatkan korelasi negatif yang cukup besar dan signifikan antara ε_t dan ε_{t-1} sehingga memerlukan langkah remedial yang tepat. Prosedur-prosedur yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan autokorelasi negatif diantaranya adalah Prosedur Cochrane-Orcutt, Hildreth-Lu, dan Prais-Winsten.

Penggunaan prosedur Cochrane-Orcutt, Prais-Winsten, dan Hildreth-Lu terhadap pola error berganti-ganti tanda (Gambar 4.4) menghasilkan output sebagai berikut :

Tabel 4.4. Penerapan Beberapa Prosedur Remedial Terhadap Pola Error Berganti-ganti Tanda

Prosedur	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$se(\hat{\beta}_0)$	$se(\hat{\beta}_1)$	MSE (s^2)
Metode Kuadrat Terkecil	2,696	0,449	0,715	0,024	0,034
Cochrane-Orcutt	2,306	0,462	0,556	0,018	0,020
Hildreth-Lu	2,322	0,462	0,503	0,017	0,019
Prais-Winsten	2,385	0,460	0,533	0,018	0,020

Tabel 4.2 dan 4.4 memperlihatkan hasil-hasil penggunaan prosedur-prosedur yang berdasarkan transformasi variabel. Prosedur-prosedur tersebut menghasilkan nilai $\hat{\beta}_1$ yang hampir sama untuk kedua contoh kasus. Nilai $\hat{\beta}_0$ yang dihasilkan juga hampir sama untuk kasus pola error yang berganti-ganti tanda, walaupun pada kasus pola error berbentuk siklik cukup berbeda. Tabel 4.2 juga menunjukkan $se(\hat{\beta}_1)$ yang dihasilkan metode kuadrat terkecil adalah yang terkecil jika dibandingkan dengan beberapa prosedur tersebut. Hal ini membuktikan bahwa permasalahan autokorelasi positif mengakibatkan $se(\hat{\beta}_1)$ *underestimated*.

Menurut Neter *et al.* (1990), jika hasil yang diperoleh dari prosedur-prosedur remedial tidak jauh berbeda dengan metode kuadrat terkecil, maka hasil yang diperoleh dari metode kuadrat terkecil masih dapat dipergunakan. Namun jika sebaliknya, lebih baik digunakan hasil yang diperoleh dari prosedur-prosedur tersebut.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Autokorelasi atau juga sering disebut korelasi serial merupakan korelasi diantara error pengamatan menurut urutan waktu yang lebih sering/dominan terjadi pada data deret waktu (*time series*). Autokorelasi mengakibatkan penduga metode kuadrat terkecil tidak lagi mempunyai varian minimum, namun tetap merupakan penduga yang linier dan takbias. Pendeteksian keberadaan autokorelasi dapat dilakukan dengan menggunakan metode grafik atau uji statistik. Uji statistik yang dapat digunakan diantaranya adalah uji Durbin-Watson atau Lagrange-Multiplier Test. Permasalahan autokorelasi untuk contoh kasus pola error seperti kurva (Gambar 4.2) dapat diatasi dengan menggantikan model yang digunakan. Sedangkan untuk pola error seperti garis lurus dapat dihilangkan dengan memasukkan variabel waktu ke dalam model. Penggunaan prosedur-prosedur remedial untuk contoh kasus pola error seperti kurva (Gambar 4.1) dan pola error berganti-ganti tanda (Gambar 4.4) menghasilkan output yang tidak jauh berbeda. Hasil tersebut juga tidak jauh berbeda dengan yang dihasilkan metode kuadrat terkecil.

5.2 Saran

Fokus kajian skripsi ini menitikberatkan permasalahan autoregresif order pertama yang terjadi pada model regresi linier sederhana. Penelitian lebih lanjut dapat membahas permasalahan autokorelasi dengan ruang lingkup pembahasan yang lebih luas dan dengan contoh-contoh kasus yang lebih beragam sehingga dapat menambah pengetahuan tentang permasalahan autokorelasi. Skripsi ini mudah-mudahan dapat menambah wawasan di bidang regresi, khususnya mengenai permasalahan autokorelasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Draper, N.R. dan H. Smith. 1992. *Analisis Regresi Terapan*. edisi kedua. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Gujarati, D. 1999. *Ekonometrika Dasar*. edisi keenam. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Gujarati, D. 1999. *Essentials of Econometrics*. Mc Graw-Hill Companies. Singapore.
- Maddala, G.S. 1989. *Introduction to Econometrics*. Mac Millan Publishing Company. Singapore.

- Neter, J. *et al.* 1990. *Applied Linear Statistical Models*. 3rd ed. Richard D. Irwin Inc. Singapore.
- Pindyck, R.S. and D.L. Rubinfeld. 1991. *Econometrics Model & Economic Forecast*. 3rd ed. Mc Graw-Hill International Edition. Singapore.
- Sembiring, R.K. 1995. *Analisis Regresi*. Penerbit ITB. Bandung.
- Stewart, J. 1991. *Econometrics*. Philip Allan. England.
- Studenmund, A.H. 2001. *Using Econometrics a Practical Guide*. 4th ed. Adisson Wesley Longman Inc. USA.
- Supranto, J. 1984. *Ekonometrika*. Jilid 2. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Thomas, R.L. 1996. *Modern Econometrics An Introduction*. Addison-Wesley. England.
- Weisberg, S. 1985. *Applied Linear Regression*. 2nd ed. John-Willey and Sons Inc. USA.
- Wonnacott, R.J. and T.H. Wonnacott. 1981. *Regression: a Second Course in Statistics*. John Wiley and Sons, Inc. New York.