

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Model Data

Model data akan dijelaskan sebagai berikut:

3.1.1 Model Estimasi

Model yang akan diestimasi dalam penelitian analisa dan proyeksi permintaan listrik sektor rumah tangga tahun 2008 sampai dengan 2012 sebagai berikut:

$$\text{Log (X)} = \alpha_i + \beta_1 \text{Log (Y)} + \beta_2 \text{Log (P)} + \beta_3 \text{Log (RE)} + \epsilon$$

X : konsumsi listrik giga watt hour (GWh)

Y : Pendapatan rumah tangga (juta Rp)

P : Harga jual listrik (Rp)

RE : Rasio Elektrifikasi (%)

ϵ_{it} : Error Regresi

Sebelum dilakukan proyeksi permintaan listrik sektor rumah tangga tahun 2008 sampai dengan 2012, dilakukan analisa hasil estimasi permintaan listrik sektor rumah tangga dengan variabel-variabel diatas dari tahun 1986 sampai tahun 2007.

3.1.2 Hipotesis

1. Bahwa pendapatan perkapita nasional, harga jual listrik rata-rata dan rasio elektrifikasi adalah faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan tenaga listrik rumah tangga di Indonesia.
2. Dengan asumsi variabel lain tetap (*ceteris paribus*), permintaan listrik sektor rumah tangga akan:
 - Meningkatkan sesuai dengan meningkatnya pendapatan perkapita nasional, begitu juga sebaliknya;
 - Menurun sesuai dengan meningkatnya harga jual listrik rata sektor rumah tangga, begitu juga sebaliknya;
 - Meningkatkan sesuai dengan meningkatnya rasio elektrifikasi, begitu juga sebaliknya;

3.1.3 Sumber Data

Penelitian ini memakai data statistik, peraturan perundang-undangan dan literatur lainnya.

1. Sumber data konsumsi listrik rumah tangga dari statistik Ditjen Listrik dan Pemanfaatan Energi dan perbandingan dengan statistik PT. PLN (Persero).
2. Sumber data pendapatan perkapita nasional rata-rata dari Badan Pusat Statistik.
3. Sumber data harga jual listrik dari statistik Ditjen Listrik dan Pemanfaatan Energi dan perbandingan dengan statistik PT. PLN (Persero).
4. Sumber data rasio elektrifikasi menggunakan data dari statistik Ditjen Listrik dan Pemanfaatan Energi. Alasan dipilih statistik dari DJLPE karena penghitungan rasio elektrifikasi memakai data dari berbagai sumber antara lain:
 - Kepala keluarga yang mendapat akses listrik dari dana APBN pada Departemen ESDM (Lisdes dan Pikitring), Departemen Pekerjaan Umum, Kementerian Daerah Tertinggal, Kementerian Koperasi.
 - Kepala keluarga yang mendapat akses listrik dari dana APLN.
 - Kepala keluarga yang mendapat akses listrik dari dana APBD lewat Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi dan kabupaten/kota.
 - Kepala keluarga yang mendapat akses listrik dari dana swadaya masyarakat, pemerintah dan koperasi, contohnya: cinta mekar, KLP Sinar Rinjani, KLP Sinar Siwo Mego.
 - Kepala keluarga yang mendapat akses listrik dari pembangkit listrik yang dibangun oleh pabrik (contoh PT. AAF di Aceh).
 - Kepala keluarga yang mendapat akses listrik dari dana pihak asing seperti JICA, GTZ, ADB.

3.1.4 Pemilihan Variabel

Pemilihan variabel pendapatan perkapita nasional, harga jual listrik rata-rata rumah tangga mengacu pada faktor-faktor penentu permintaan. Sedangkan rasio elektrifikasi merupakan variabel yang diduga oleh pemerintah berpengaruh signifikan terhadap permintaan listrik sektor rumah tangga.

3.1.5 Pemilihan Metode Regresi

Metode regresi yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode kuadrat terkecil atau *ordinary least square* (OLS). Penelitian ini tidak menggunakan metode regresi *Two Stage Least Squares* (TSLS) karena keterbatasan waktu.

Pemilihan variabel *ordinary least square* (OLS) karena beberapa hal, yaitu:

- Metode ini menghasilkan estimator yang mempunyai sifat tidak bias, linear dan mempunyai varian yang minimum (*best linear unbiased estimators* = BLUE).
- Hubungan antara variabel terikat dan variabel bebas adalah linear dalam parameter.
- Variabel independent dalam OLS merupakan variabel yang tetap dan dikontrol untuk berbagai observasi yang dilakukan berulang-ulang.
- Nilai harapan (*expected value*) atau rata-rata dari variabel gangguan e_i adalah nol, yang dapat dinyatakan dalam $E(e_i | X_i) = 0$
- Varian dari variabel gangguan e_i adalah sama (homoskedastisitas).
- Tidak ada serial korelasi antara gangguan e_i atau gangguan e_i tidak saling berhubungan dengan e_i yang lain.
- Variabel gangguan e_i berdistribusi normal.

3.1.6 Keterbatasan Penelitian

Beberapa keterbatasan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

- Penelitian hanya mengestimasi dan melakukan proyeksi permintaan listrik sektor rumah tangga. Penelitian ini akan lebih baik jika dilakukan estimasi dan proyeksi sektor industri, bisnis dan sosial yang lebih mencerminkan permintaan listrik secara keseluruhan di Indonesia.
- Penelitian tidak membandingkan permintaan akan kebutuhan listrik sektor rumah tangga di negara lain. Perbandingan permintaan listrik rumah tangga dengan negara lain akan menjadikan masukan untuk penetapan kebijakan sektor ketenagalistrikan di Indonesia.

- Faktor lain yang mempengaruhi permintaan seperti: harga barang lain yang terkait, selera atau kebiasaan, perkiraan harga dimasa mendatang, distribusi pendapatan dan usaha produsen meningkatkan penjualan tidak terdapat dalam variabel penelitian. Jika variabel-variabel tersebut masuk dalam penelitian ini, maka akan lebih mencerminkan permintaan listrik sektor rumah tangga.
- Salah satu variabel rasio elektrifikasi yang digunakan tidak mencerminkan besarnya listrik yang dikonsumsi oleh rumah tangga.

3.2 Model Ekonometrika

3.2.1 Pengertian Analisis Regresi

Regresi merupakan metode estimasi utama di dalam ekonometrika, sejarah regresi dimulai dari ide Galton (1886) tentang teori keturunan bahwa orang tua yang tinggi akan memiliki kecenderungan mempunyai anak yang tinggi, begitu pula sebaliknya. Dari ide tersebut berkembang pengaruh satu variabel independent terhadap variabel dependent.

Gujarati (2003) menyatakan bahwa analisis regresi berhubungan dengan studi ketergantungan satu variabel, variabel tak bebas, pada satu atau lebih variabel lain, variabel yang menjelaskan (*explanatory variables*) dengan maksud menaksir atau meramalkan nilai rata-rata hitung (*mean*) atau rata-rata (*population*) variabel tak bebas, dipandang dari segi nilai yang diketahui atau tetap (dalam pengambilan sampel berulang) variabel yang menjelaskan (yang belakangan).

3.2.2 Pemodelan Regresi Menggunakan Data Time Series

Data *time series* merupakan sekumpulan observasi dalam rentang waktu tertentu. Data ini dikumpulkan dalam interval waktu secara *continue*, misalnya data mingguan, data bulanan, data kuartalan dan data tahunan.

3.2.3 Model Log-Log

Salah satu model regresi adalah model Log. Model ini mempunyai kelebihan pada koefisien slope β_2 dalam model $\ln Y = \ln \beta_1 + \beta_2 \ln X$, nilai koefisien slope tersebut merupakan ukuran elastisitas Y terhadap X atau dengan

kata lain koefisien *slope* merupakan tingkat perubahan pada variabel Y (dalam persen) bila terjadi perubahan pada variabel X (dalam persen). Untuk persamaan diatas β_2 merupakan elastisitas X dari Y.

Hal lain yang dapat diperhatikan dalam log-log adalah koefisien elastisitas antara Y dan X selalu konstan. Artinya, bila $\ln X$ berubah 1 unit, perubahan $\ln Y$ akan selalu sama meskipun elastisitas tersebut diukur pada $\ln X$ yang mana saja. Oleh karena itu, model ini disebut juga dengan model elastisitas konstan.

Secara matematis, sifat koefisien elastisitas, yang konstan dapat dilihat sebagai berikut $\ln Y = \ln \beta_2 + \beta_2 \ln X$. Bila digunakan kembali kasus tersebut, maka dapat diartikan bahwa bila X naik sebesar 1%, maka Y akan berubah sebesar $\beta_2\%$.

3.3 Pengujian Asumsi OLS

3.3.1 Multikolinearitas

Hubungan linier antarvariabel bebas inilah yang disebut dengan multikolinieritas. Dalam prakteknya, umumnya multikolinieritas tidak dapat dihindari. Dalam artian sulit menemukan dua variabel bebas yang secara matematis tidak berkorelasi (korelasi =0) sekalipun secara substansi tidak berkorelasi. Akan tetapi, ada multikolinieritas yang signifikan (harus mendapat perhatian khusus) dan tidak signifikan (mendekati nol). Kita juga akan sulit menemukan yang sempurna maka salah satu dampak yang ditimbulkannya adalah tidak dapat dihitungnya koefisiensi regresi. Hal tersebut dapat dibuktikan secara matematis.

$$\text{Persamaan regresi } b = (X^a X)^{-1} X^a Y \quad (3.1)$$

Bila kedua independen variabel mempunyai korelasi sebagai berikut:

$$X_1 = \gamma X_2. \text{ Kemudian perhatikan kembali persamaan (3.2) untuk mengestimasi } b_1 : \quad (3.2)$$

$$b_1 = \frac{(\sum y_i X_{1i})(\sum X_{2i}^2) - (\sum y_i X_{2i})(\sum X_{1i} X_{2i})}{(\sum X_{1i}^2)(\sum X_{2i}^2) - (\sum X_{1i} X_{2i})}$$

Bila kita substitusikan korelasi antara X1 dan X2 kedalam persamaan (3.2), maka :

$$b_1 = \frac{(\sum y_i x_{1i}) (\gamma^2 \sum x_{1i}^2) - (\gamma \sum y_i x_{1i}) (\gamma \sum x_{1i}^2)}{(\sum x_{1i}^2) (\gamma^2 \sum x_{1i}^2) - \gamma^2 (\sum x_{1i}^2)} \quad (3.3)$$

$$b_1 = 0$$

Secara umum, bila terjadi kolinieritas sempurna, maka koefisien regresi tidak dapat diperoleh dikarenakan $(X^a X)^{-1}$ pada persamaan (3.1) tidak dapat dicari. Satu hal yang perlu ditekankan kembali disini bahwa kolinieritas merupakan hubungan linier. Jika variabel bebas mempunyai hubungan, tetapi tidak linier maka hal tersebut tidak dikategorikan sebagai multikolinieritas. Misalnya $X_1 = X_2^2$ atau $X_1 = \log X_2$, maka dikatakan bahwa X_1 dan X_2 tidak kolinier.

3.3.1.1 Dampak Multikolinieritas

Secara implisit sebenarnya pemaparan diatas telah menunjukkan beberapa dampak yang ditimbulkan oleh multikolinieritas, seperti: tidak dapatnya interpretasi dilakukan, atau tidak dapatnya koefisien regresi sehingga sekalipun variabel bebas berkorelasi, koefisien regresi tetap dapat diestimasi. Akan tetapi, dengan terdapatnya multikolinieritas dalam persamaan regresi, maka membawa berbagai konsekuensi terhadap model itu sendiri. Ada beberapa dampak yang ditimbulkan oleh kolinieritas tersebut, antara lain :

1. Varian koefisien regresi menjadi besar

Untuk persamaan $\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i}$ yang merupakan regresi dengan dua variabel bebas. Besarnya varian untuk b_1 dapat diukur dengan formula :

$$\text{Var}(b_1) = \frac{\sigma^2}{\sum x_{1i} (1 - r_{X_1 X_2}^2)}$$

Di mana $r_{X_1 X_2}$ adalah korelasi variabel bebas X_1 dan X_2 . Dari formula tersebut terlihat bahwa semakin besar korelasi antara variabel bebas X_1 dan X_2 akan mengakibatkan semakin besarnya varian. Dan bila kedua variabel bebas mempunyai kolinieritas sempurna ($r_{X_1 X_2} = 1$), maka varian menjadi tak terhingga.

2. Varian yang besar sebagaimana dibicarakan diatas, menimbulkan beberapa permasalahan, yaitu:

A. Lebarnya interval kepercayaan (*Confidence Interval*). Perhatikan formula pembuatan interval kepercayaan berikut :

$$b_1 \pm Z_{\alpha/2} s.e (b_1)$$

Oleh karena $s.e (b_1)$ merupakan akar dari $Var (b_1)$, sehingga bila $Var (b_1)$ besar maka $s.e (b_1)$ juga besar. Dengan demikian interval yang dihasilkan juga akan besar.

B. Selain interval kepercayaan, besarnya varian juga memengaruhi Uji- t . Perhatikan kembali formula Uji- t berikut :

$$t = \frac{b_j}{s.e (b_j)}$$

$Var (b_1)$ yang besar mengakibatkan $s.e (b_1)$ juga besar. Bila *standard error* terlalu besar maka besar pula kemungkinan taksiran β menjadi tidak signifikan.

3. Sekalipun multikolinieritas dapat mengakibatkan banyak variabel yang tidak signifikan, tetapi koefisien determinasi (R^2) tetap tinggi, dan uji F signifikan. Secara matematis kedua hal tersebut dapat diketahui penyebabnya.

Untuk regresi majemuk dengan dua variabel bebas, hubungan antara R^2 dan korelasi antar variabel adalah sebagai berikut :

$$R^2 = 1 - (1 - r^2_{YX_2}) (1 - r^2_{YX_2.X_2}), \text{ di mana :}$$

$r^2_{YX_2}$ adalah korelasi sederhana antara Y dan X_2

$r^2_{YX_2.X_2}$ adalah korelasi parsial antara Y dan X_1 , dengan menganggap X_2 konstan. Pada $r^2_{YX_2.X_2}$ yang mengasumsikan X_2 konstan. Padahal bila terjadi kolinieritas, maka X_2 tidak mungkin konstan. Dengan besarnya angka tersebut, maka R^2 akan cenderung tinggi searah dengan semakin tingginya kolinieritas yang terjadi.

Untuk Uji- F yang signifikan perhatikan Uji- F berikut :

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} (n - k - 1)$$

Dari formula tersebut, terlihat bahwa jika R^2 besar, sudah pasti nilai F juga besar, sehingga Uji- F cenderung untuk signifikan.

4. Hal lain yang terkadang terjadi adalah angka estimasi koefisien regresi yang didapat akan mempunyai nilai yang tidak sesuai dengan substansi, atau kondisi yang dapat diduga atau dirasakan akal sehat, sehingga dapat menyesatkan interpretasi, sebagaimana contoh yang telah diberikan diatas.

3.3.1.2 Deteksi Multikolinearitas

Model yang mempunyai *standard error* besar dan nilai statistik t yang rendah adalah indikasi awal adanya masalah multikolinieritas dalam model. Namun, multikolinieritas dapat terjadi jika model yang kita punyai merupakan model yang kurang bagus. Bagaimana kita biasa secara pasti mengetahui bahwa suatu model mengandung masalah multikolinieritas? Ada beberapa metode untuk mendeteksi masalah multikolinieritas dalam suatu model regresi.

1. Nilai R^2 Tinggi Tetapi Hanya Sedikit Variabel bebas yang signifikan
Salah satu ciri adanya gejala multikolinieritas adalah model mempunyai koefisien determinasi yang tinggi R^2 katakanlah diatas 0,8, tetapi hanya sedikit variabel independen yang signifikan memengaruhi variabel dependen melalui uji t . Namun berdasarkan uji F secara statistik signifikan, yang berarti semua variabel independen secara bersama-sama memengaruhi variabel dependen. Dalam hal ini terjadi suatu kontradiktif dimana berdasarkan uji t secara individual variabel independen tidak berpengaruh terhadap variabel dependen. Namun secara bersama-sama, variabel independen memengaruhi variabel dependen.
2. Korelasi Partial Antar Variabel bebas
Jika koefisien korelasi cukup tinggi, katakanlah diatas 0,85, maka kita duga ada multikolinieritas dalam model. Sebaliknya, jika koefisien korelasi rendah, maka kita duga model tidak mengandung unsur multikolinieritas. Namun deteksi dengan menggunakan metode ini diperlukan kehati-hatian. Masalah ini timbul terutama pada data *time series* dimana korelasi antar variabel independen cukup tinggi. Korelasi yang tinggi ini terjadi karena kedua data

mengandung unsur trend yang sama yaitu data naik dan turun secara bersamaan.

3.3.1.3 Cara Mengatasi Multikolinieritas

Tanpa Ada Perbaikan

Multikolinieritas sebagaimana dijelaskan sebelumnya tetap menghasilkan estimator yang BLUE karena masalah estimator yang BLUE tidak memerlukan asumsi tidak adanya korelasi antar variabel independen. Multikolinieritas hanya menyebabkan kita kesulitan memperoleh estimator dengan *standard error* yang kecil. Masalah multikolinieritas biasanya juga timbul karena kita hanya mempunyai jumlah observasi yang sedikit. Dalam kasus terakhir ini berarti kita tidak punya pilihan selain tetap menggunakan model untuk analisis regresi walaupun mengandung masalah multikolinieritas.

Model yang mengandung kolinieritas masih bermanfaat, jika model yang terestimasi digunakan untuk membuat suatu ramalan (*forecast*), asalkan R^2 masih cukup tinggi. Sebab untuk kebutuhan meramal, yang penting adalah menganalisis keseluruhan model dan tidak individual parameter.

3.3.2 Autokorelasi

3.3.2.1 Dampak Autokorelasi

Dalam menduga parameter dalam regresi majemuk, OLS mengasumsikan bahwa *error* merupakan variabel random yang independen (tidak berkorelasi) agar penduga bersifat BLUE. Atau secara matematis dituliskan: $Covarian(u_i, u_j) = 0 ; i \neq j$

Artinya tidak ada korelasi antara u_i dan u_j untuk $i \neq j$ $\{E(u_i, u_j) = 0, i \neq j\}$. Hal ini juga mengartikan perbedaan antar nilai pada variabel terikat Y dapat berhubungan dengan nilai pada variabel bebas X, tetapi nilai tersebut tidak berhubungan dengan nilai-nilai dalam variabel yang sama. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa autokorelasi terjadi jika observasi yang berturut-turut sepanjang waktu mempunyai korelasi antara satu dengan yang lainnya.

Persamaan regresi: $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t$

Persamaan *error* berikut : $u_t = \rho u_{t-1} + v_t$, di mana :

U_t = *error* pada waktu ke t

U_{t-1} = *error* pada waktu ke- $(t-1)$

ρ = koefisien Autokorelasi lag-1 (untuk mengukur korelasi antara residual pada waktu ke t dengan residual pada waktu ke- $t-1$)

v_t = *error* yang independen dan berdistribusi Normal dengan nilai tengah = 0 dan varian σ^2

Persamaan diatas menunjukkan bahwa *error* pada satu waktu yang lalu ($t-1$) secara langsung memengaruhi *error* pada waktu ke- t . Koefisien Autokorelasi ρ mengindikasikan seberapa kuat pengaruh tersebut, yang besarnya $-1 < \rho < 1$, dimana $\rho = -1$, menunjukkan korelasi negatif yang sempurna, $\rho = 1$ menunjukkan korelasi positif yang sempurna, dan $\rho = 0$ menunjukkan tidak adanya korelasi. Pada persamaan tersebut terlihat jika $\rho = 0$, maka $U_t = v_t$, yaitu *error* yang independen berdistribusi normal dengan nilai tengah = 0, dan varian σ^2 . Kondisi inilah yang merupakan salah satu asumsi penggunaan teknik OLS, dimana *error* tidak mempunyai korelasi *error* lainnya.

Akibat dari kondisi tersebut, penduga yang diperoleh dengan menggunakan OLS tidak lagi BLUE, sekalipun masih tidak bias dan konsisten. Estimasi standard error dan varian koefisien regresi yang didapat akan “*underestimate*”. Dengan demikian, koefisien determinasi akan besar, dan tentunya Uji-t, Uji-F dan interval kepercayaan menjadi tidak sah lagi untuk digunakan. Di samping itu, pemeriksaan terhadap residual biasanya juga akan menemui permasalahan.

Autokorelasi yang kuat dapat pula menyebabkan dua variabel yang tidak berhubungan menjadi berhubungan. Bila metode OLS digunakan, maka akan terlihat koefisien signifikansi, atau R^2 yang besar. Kondisi seperti ini disebut dengan *Spurious Regression*.

3.3.2.2 Mendeteksi Autokorelasi

Cara mendeteksi autokorelasi bermacam-macam seperti uji durbin-watson, dengan metode grafik, uji run dan lagrange multiplier (LM). Salah satu yang akan dibahas yakni uji Durbin-Watson seperti di bawah ini:

Uji ini sesungguhnya dilandasi oleh model error yang mempunyai korelasi sebagaimana telah ditunjukkan diatas, yaitu : $U_t = \rho U_{t-1} + v_t$ di mana :

U_t = error pada waktu ke -t

U_{t-1} = error pada waktu ke- (t-1)

ρ = koefisien Autokorelasi lag-1 (untuk mengukur korelasi antara residual pada waktu ke t dengan residual pada waktu ke-t-1)

v_t = error yang independen dan berdistribusi Normal dengan nilai tengah = 0 dan varian σ^2

Jika $\rho = 0$, maka dapat disimpulkan tidak ada serial korelasi didalam residual.

Oleh karena itu,, uji ini menggunakan hipotesis sebagai berikut :

$H_0 : \rho = 0$

$H_1 : \rho \neq 0$

Statistik Durbin-Watson didefinisikan sebagai berikut : $DW = \frac{\sum (\hat{u}_t - \hat{u}_{t-1})^2}{\sum \hat{u}_t^2}$ di mana :

dimana $\hat{u}_t = Y_t - \beta_0 - \beta_1 X_t = Y_t - \hat{Y}_t$,

yaitu, residual pada waktu ke-t.

$\hat{u}_{t-1} = Y_{t-1} - \beta_0 - \beta_1 X_{t-1} = Y_{t-1} - \hat{Y}_{t-1}$,

yaitu residual pada waktu ke-t-1

Persamaan dapat pula dituliskan sebagai berikut :

$$DW = 2 \left[1 - \frac{\sum (\hat{u}_t - \hat{u}_{t-1})}{\sum \hat{u}_t^2} \right] = 2 (1 - \rho)$$

di mana :

$$\rho = \frac{\sum (\hat{u}_t - \hat{u}_{t-1})}{\sum \hat{u}_t^2}$$

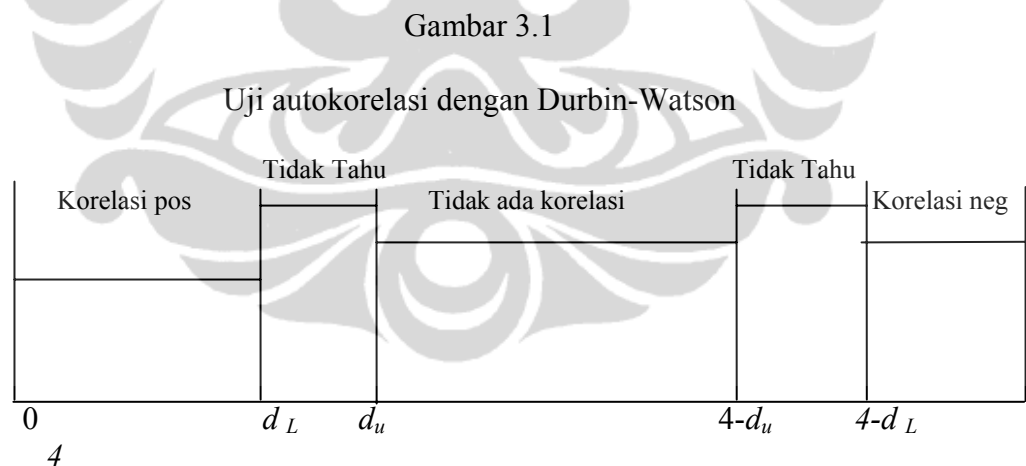
Sebagaimana telah disebutkan bahwa ρ adalah koefisien autokorelasi yang mempunyai nilai : $-1 \leq \rho \leq 1$. Dengan demikian, berdasarkan persamaan 7.4 akan didapat nilai statistic DW, yaitu : $0 \leq d \leq 4$. Persamaan 7.4 juga mengartikan bahwa :

- Jika Statistik DW bernilai 2, maka ρ akan bernilai 0, yang berarti tidak ada Autokorelasi

- Jika Statistik DW bernilai 0, maka ρ akan bernilai 1, yang berarti ada Autokorelasi positif
- Jika Statistik DW bernilai 4, maka ρ akan bernilai -1, yang berarti ada Autokorelasi negatif

Dengan demikian, jika nilai Statistik DW mendekati angka 2, maka kita dapat menduga bahwa residual tidak mempunyai korelasi. Tetapi batasan yang disebut dengan ‘mendekati angka dua’ tidak jelas sehingga tidak jarang kira ragu untuk menentukan hasil uji DW, apakah mempunyai Autokorelasi atau tidak.

Untuk itu DW telah mempunyai table yang digunakan sebagai pembanding uji DW yang dilakukan, sehingga dapat disimpulkan dengan tepat, ada atau tidak autokorelasi. Dalam membandingkan hasil penghitungan statistik DW dengan Tabel DW, ternyata mempunyai aturan tersendiri. Untuk mempermudah dalam memahami cara melakukan perbandingan tersebut, perhatikan gambar berikut :



Tabel DW terdiri atas dua nilai, yaitu batas bawah (d_u) dan batas atas (d_L). Nilai-nilai ini dapat digunakan sebagai pembanding uji DW, dengan aturan sebagai berikut :

1. Bila $DW < d_u$; berarti ada korelasi yang positif atau kecenderungannya $\rho = 1$

2. Bila $d_L \leq DW \leq d_u$; kita tidak dapat mengambil kesimpulan apa-apa
3. Bila $d_u < DW < 4 - d_u$; berarti tidak ada korelasi positif maupun negatif
4. Bila $4 - d_u \leq DW \leq 4 - d_L$; kita tidak dapat mengambil kesimpulan apa-apa

Bila $DW > 4 - d_L$; berarti ada korelasi negatif

3.3.2.3 Memperbaiki Autokorelasi

A. Dengan Cara *Autoregressive* (AR)

Cara lainnya adalah mengestimasi dengan adanya autokorelasi residu, dimana residu memiliki proses *autoregressive* (AR). Jika differens orde satu maka dikenal dengan AR1, yaitu :

$$e_t = \rho e_{t-1} + \mu_t$$

Jika residu diasumsikan memiliki proses *autoregressive* orde 2, AR2, maka :

$$e_t = \rho e_{t-1} + \rho e_{t-2} + \mu_t$$

Lebih jauh lagi, Maddala (2001) menunjukkan pengaruhnya pada OLS dengan menerapkan proses AR1 pada residu error. Beberapa hasilnya adalah:

1. Least Square unbiased, tetapi tidak efisien (didapatkan dari perbandingan varian antara model LS biasa dengan model dengan proses AR)
2. Varian dari sampel bias dan tidak dapat memberikan hasil statistic yang benar.

3.3.3 Heteroskedastisitas

Heteroskedastisitas adalah: variasi error peramalan (e_t) tidak sama untuk semua pengamatan. Heteroskedastisitas akan muncul dalam bentuk e_t yang semakin besar kalau nilai variabel bebas makin besar atau kecil.

3.3.3.1 Deteksi Heteroskedastisitas

Untuk mendeteksi adanya heteroskedastisitas dapat menggunakan berbagai cara, antara lain: plot grafik, park test, glejser test, spearman's rank corellation test, goldfelt-quandt test, bart-letts's homogeneity-of variance test, breusch pagan test, peak test, uji white atau white's general heteroscedasticity test. Test yang dipakai pada penelitian ini adalah uji white atau white's general heteroscedasticity test. Hipotesa nol menyatakan tidak ada heteroskedastisitas.

Kriteria penolakan yaitu dengan menggunakan nilai white's test statistic yaitu $\text{obs} \cdot R\text{-squared}$ statistic yang dibandingkan dengan tabel *chi-squared* (x^2) dengan derajat bebas banyaknya variabel bebas.

3.3.3.2 Mengatasi Heteroskedastisitas

Ada berbagai macam teknik yang digunakan untuk mengatasi permasalahan heteroskedastisitas yaitu: metode generalized least squares (GLS), Transformasi dengan $1/X_j$, Transformasi dengan $1/\text{akar } X_i$, transformasi dengan $E(Y_i)$, Transformasi dengan algoritma, dengan metode white.

Mengatasi heteroskedastisitas dengan metode *white*, menghitung *standard error* oleh *white* (*Heteroscedasticity-corrected standard errors*). Untuk penjelasan metode white sebagai berikut:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_t$$

$$(3.4) \text{ dimana } \text{var}(e_i) = \sigma_i^2$$

Jika model mempunyai varian variabel gangguan yang tidak sama maka varian estimator tidak lagi efisien. Varian estimator β_1 menjadi:

$$\text{var}(\beta_1) = \frac{\sum x_i^2 \sigma_i^2}{(\sum x_i^2)^2} \quad (3.5)$$

karena σ_i^2 tidak bisa dicari secara langsung, maka white mengambil residual kuadrat e_i^2 dari persamaan 3.5 sebagai proxy dari σ_i^2 . Kemudian varian estimator β_1 dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{var}(\beta_1) = \frac{\sum x_i^2 e_i^2}{(\sum x_i^2)^2} \quad (3.6)$$

Varian β_1 dalam persamaan 3.6 adalah estimator yang konsisten dari varian dalam persamaan 3.5. Ketika sampel bertambah besar, maka varian persamaan 3.6 akan menjadi varian persamaan 3.5.

Metode *white* dilakukan dengan melakukan estimasi persamaan 3.4 dengan metode OLS. Metode *white* tentang *heteroscedasticity-corrected standards errors* didasarkan pada asumsi-asumsi bahwa variabel gangguan e_t tidak saling berhubungan atau tidak ada serial korelasinya.