

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Kereta Api

Kereta api merupakan sarana transportasi umum yang sering digunakan terkhusus di daerah perkotaan, karena selain murah dan terjangkau, kereta api juga memiliki peranan penting dalam meminimalkan jumlah kemacetan diperkotaan. Stasiun kereta api adalah tempat di mana para penumpang dapat naik-turun dalam memakai sarana transportasi kereta api. Selain stasiun, pada masa lalu dikenal juga dengan halte kereta api yang memiliki fungsi nyaris sama dengan stasiun kereta api. Stasiun kereta api umumnya terdiri atas tempat penjualan tiket, peron atau ruang tunggu, ruang kepala stasiun, dan ruang PPKA (Pengatur Perjalanan Kereta Api) beserta peralatannya, seperti sinyal, wesel (alat pemindah jalur), telepon, telegraf, dan lain sebagainya. Stasiun besar biasanya diberi perlengkapan yang lebih banyak daripada stasiun kecil untuk menunjang kenyamanan penumpang maupun calon penumpang kereta api, seperti ruang tunggu, restoran, toilet, mushalla, area parkir, sarana keamanan (polisi khusus kereta api), sarana komunikasi, depo lokomotif, dan sarana pengisian bahan bakar.

Berdasarkan jenis kelasnya, kereta api bisa dibagi menjadi tiga, yaitu kereta api eksekutif, kereta api bisnis, dan kereta api ekonomi. Secara umum, ketiga jenis kereta api itu dilengkapi dengan pendingin ruangan atau AC, jadi kenyamanannya cukup terjamin. Selain itu, di seluruh jenis kereta api juga ada larangan merokok di dalam gerbong dan larangan masuknya pedagang asongan ke dalam gerbong. Perbedaan ketiga kelas kereta api ini bisa dilihat sebagai berikut :

1. Harga tiket.

Umumnya, harga tiket kereta eksekutif jauh lebih mahal dibandingkan kereta bisnis dan kereta ekonomi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Fasilitas gerbong penumpang.

Kereta eksekutif biasanya menyediakan selimut dan bantal gratis. Selain itu, kualitas AC kelas eksekutif pun lebih baik dibandingkan dengan kelas bisnis dan ekonomi.

3. Kualitas tempat duduk.

Susunan tempat duduk kereta eksekutif dan bisnis umumnya adalah 2-2. Sementara, kereta ekonomi menampilkan susunan tempat duduk 2-3 dan 3-3. Kursi di kelas eksekutif juga empuk dan bisa diatur masing-masing.

4. Waktu tempuh.

Kereta api eksekutif memiliki waktu tempuh lebih cepat karena tidak semua stasiun disinggahi.

5. Stasiun yang disinggahi.

Di beberapa kota, stasiun untuk kereta api eksekutif dibedakan dengan kereta ekonomi. Misalnya, di Jakarta kereta eksekutif dilayani Stasiun Gambir, sedangkan kereta ekonomi di Stasiun Pasar Senen.

Sebenarnya tidak ada perbedaan fasilitas yang berarti antara sub kelas satu dengan yang lainnya. Meski demikian, sub kelas ternyata ikut menentukan harga tiket kereta api. Hanya saja, sub kelas dengan harga termahal biasanya memiliki posisi menguntungkan, yaitu di gerbong tengah dari rangkaian kereta api. Hal ini menyebabkan penumpang yang duduk di sub kelas termahal dapat naik dan turun kereta lebih mudah, karena bisa langsung menuju pintu keluar stasiun. Bukan itu saja, sub kelas termahal biasanya lebih dekat dengan gerbong makan. Jadi, penumpang akan lebih mudah untuk memesan makanan atau minuman. Selain itu, posisi gerbong di tengah memiliki guncangan lebih halus karena kursi tidak berada di atas rangkaian roda kereta (bogies) yang akan membuat perjalanan penumpang lebih nyaman.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2 Peramalan

Peramalan merupakan suatu usaha untuk meramalkan keadaan di masa yang akan datang melalui pengujian keadaan di masa lalu. Esensi peramalan adalah perkiraan peristiwa-peristiwa di waktu yang akan datang atas dasar pola-pola di waktu yang lalu, dan penggunaan kebijakan terhadap proyeksi-proyeksi dengan pola-pola di waktu yang lalu. Kemudian, peramalan juga diartikan sebagai seni dan ilmu untuk memperkirakan kejadian di masa depan. Hal ini dapat dilakukan dengan melibatkan data masa lalu dan menempatkannya ke masa yang akan datang dengan suatu bentuk model matematis (Prasetya dan Lukiastuti, (2009)).

2.2.1 Jenis-Jenis Peramalan

Peramalan dapat dilakukan secara kuantitatif maupun kualitatif. Pengukuran secara kuantitatif menggunakan Metode statistik, sedangkan pengukuran secara kualitatif berdasarkan pendapat (*judgment*) dari yang melakukan peramalan. Berkaitan dengan itu dalam peramalan dikenal dengan istilah prakiraan dan prediksi.

Prakiraan didefinisikan sebagai proses peramalan suatu variabel (kejadian) di masa datang berdasarkan data variabel pada masa sebelumnya. Data masa lampau itu secara sistematis digabungkan dengan menggunakan suatu Metode tertentu dan diolah untuk memperoleh prakiraan keadaan pada masa datang. Sementara prediksi adalah proses peramalan suatu variabel di masa datang dengan lebih mendasarkan pada pertimbangan intuisi dari pada data masa lampau. Meskipun lebih menekankan pada intuisi, dalam prediksi juga sering digunakan data kuantitatif sebagai pelengkap informasi dalam melakukan peramalan. Dalam prediksi, peramalan yang baik sangat tergantung pada kemampuan, pengalaman dan kepekaan dari si pembuat ramalan (Herjanto, (2009)).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Secara umum, Metode *time series* bertujuan sebagai peramalan, pemodelan dan kontrol (Chatfield (2001); Suhartono (2007)).

2.3.2 Bentuk-bentuk Data Runtun Waktu (*Time series*)

Sebelum mengenal Metode peramalan untuk berbagai data *time series* maka diperkenalkan dengan bentuk-bentuk data. Pola data dalam analisis runtun waktu (*time series*) dibedakan menjadi 4 jenis yaitu sebagai berikut :

1. Pola Horizontal

Pola ini disebut dengan pola yang stasioner, terjadi jika data berfluktuasi disekitar nilai rata-rata dan varians yang konstan. Contoh grafiknya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



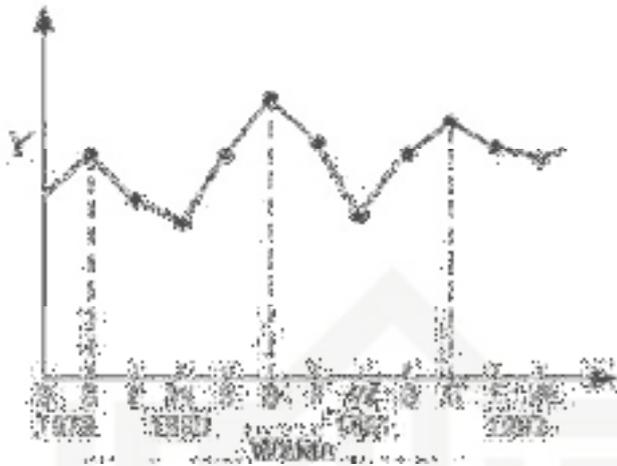
Gambar 2.1 Pola Data Horizontal

2. Pola Musiman

Pola musiman terjadi jika suatu deret dipengaruhi oleh faktor musiman. misalnya : kuartal tahunan, bulanan atau hari-hari pada minggu tertentu. Contoh grafiknya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

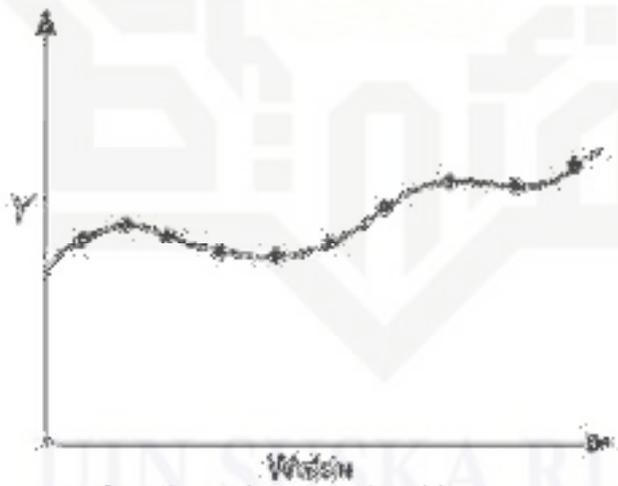
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.2 Pola Data Musiman

3. Pola Siklis

Pola siklis terjadi bila datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Contoh grafiknya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



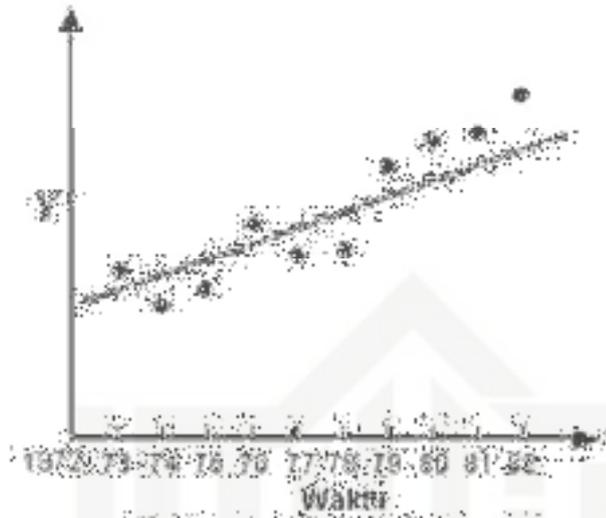
Gambar 2.3 Pola Data Siklis

4. Pola *Trend*

Pola *trend* terjadi jika terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data. Contoh grafiknya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.4 Pola Data *Trend*

2.3.3 Klasifikasi Model Runtun Waktu (*Time series*)

Salah satu pengelompokan model-model runtun waktu dapat diberikan sebagai berikut :

1. Model Stationer

Model stationer adalah suatu model yang sedemikian hingga semua sifat statistiknya tidak berubah dengan pergeseran waktu (yakni bersifat *time invariant*). Pada model stationer, sifat-sifat statistiknya dimasa yang akan datang dapat diramalkan berdasarkan data *historis* yang telah terjadi dimasa yang lalu. Beberapa model runtun waktu stationer adalah model *Autoregressive (AR)*, *Moving Average (MA)*, dan *Autoregressive Moving Average (ARMA.)*

2. Model non-Stationer

Model non-Stationer adalah suatu model yang sifat statistiknya berubah dengan pergeseran waktu (yakni bersifat *time variant*). Beberapa model runtun waktu *non-stationer* adalah model *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*, *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)*, dan lainnya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.4 Metode Runtun Waktu Stasioner

Metode runtun waktu stasioner dapat dibedakan menjadi :

a. Model *Autoregressive* tingkat p atau $AR(p)$

Bentuk umum dari proses *autoregressive* tingkat p merupakan model linier yang paling dasar untuk proses yang stasioner, model ini dapat diartikan sebagai proses hasil regresi dengan dirinya sendiri.

Secara matematis didefinisikan sebagai berikut (Wei, (2006)):

$$Z_t = \phi_0 + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + \varepsilon_t \quad (2.1)$$

dengan

Z_t adalah data pada periode t , dan $t = 1, 2, \dots, n$

Z_{t-i} adalah data pada periode $t - i$, $i = 1, 2, \dots, p$

ε_t adalah *error* pada periode t

ϕ_0 adalah suatu konstanta

ϕ_i adalah parameter *autoregressive* ke- i , $i = 1, 2, \dots, p$

b. Model *Moving Average* Tingkat q atau $MA(q)$

Metode ini dilakukan dengan mengambil sekelompok nilai pengamatan, mencari rata-ratanya kemudian menggunakan rata-rata tersebut sebagai ramalan untuk periode yang akan datang.

Secara matematis didefinisikan sebagai berikut (Wei, (2006)):

$$Z_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.2)$$

dengan

Z_t adalah data pada periode t , dan $t = 1, 2, \dots, n$

ε_t adalah *error* pada periode t

ε_{t-j} adalah *error* pada periode $t - j$, $j = 1, 2, \dots, q$

θ_0 adalah suatu konstanta

θ_j adalah parameter *MA* tingkat j dan $j = 1, 2, \dots, q$

Model *Autoregressive Moving Average* atau $ARMA(p, q)$

Model kombinasi antara $AR(p)$ dengan $MA(q)$ dapat dinyatakan sebagai model $ARMA(p, q)$, dengan bentuk umumnya yaitu (Wei, (2006)):

$$Z_t = \phi_0 + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.3)$$

dengan

Z_t adalah data pada periode t , dan $t = 1, 2, \dots, n$

Z_{t-i} adalah data pada periode $t - i$, $i = 1, 2, \dots, p$

ε_t adalah *error* pada periode t

ϕ_0 adalah suatu konstanta

ϕ_i adalah parameter *autoregressive* ke- i , $i = 1, 2, \dots, p$

θ_j adalah parameter *MA* tingkat j dan $j = 1, 2, \dots, q$

ε_t adalah *error* pada periode t

ε_{t-j} adalah *error* pada periode $t - j$, $j = 1, 2, \dots, q$

2.5 Metode Runtun Waktu *Non-Stationer*

Metode runtun waktu stasioner dapat dibedakan menjadi :

a. Model *Autoregressive Integrated Moving Average* atau $ARIMA(p, d, q)$

Model *non-stationer* jika ditambahkan pada proses campuran $ARMA$ maka modelnya menjadi $ARIMA(p, d, q)$, secara matematis didefinisikan:

$$Z_t = \phi_0 + (1 + \phi_1)Z_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)Z_{t-2} + \dots + (\phi_p - \phi_{p-1})Z_{t-p} - \phi_p Z_{t-p-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.4)$$

dengan

Z_t adalah data pada periode t , dan $t = 1, 2, \dots, n$

Z_{t-i} adalah data pada periode $t - i$, $i = 1, 2, \dots, p$

ϕ_0 adalah suatu konstanta

ϕ_i adalah parameter *autoregressive* ke- i , $i = 1, 2, \dots, p$

θ_j adalah parameter *MA* tingkat j dan $j = 1, 2, \dots, q$

ε_t adalah *error* pada periode t

ε_{t-j} adalah *error* pada periode $t - j$, $j = 1, 2, \dots, q$

b. Model *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* atau *SARIMA*(p, d, q)(P, D, Q)^s

Model *SARIMA* merupakan bentuk khusus dari model *ARIMA* jika terdapat unsur musiman yang jelas pada hasil observasi. Hal ini berarti data memiliki pola berulang-ulang dalam selang waktu yang tetap. Untuk menanggulangi ketidakstationeran data akibat unsur musiman maka dapat dilakukan proses *differencing* sebesar periode musimannya.

Model *seasonal* mengalihkan perhatiannya kepada data sebelumnya dengan jarak (*lag*) sepanjang musiman yang terjadi. Maka model *MA*(Q) yang bersifat *seasonal* dengan musiman sepanjang s dinyatakan oleh:

$$Z_t = \theta_0 - \theta_1 a_{t-s} - \theta_2 a_{t-2s} - \dots - \theta_Q a_{t-Qs}$$

atau

$$Z_t = (1 - \theta_1 B^s - \theta_2 B^{2s} - \dots - \theta_Q B^{Qs}) \theta_0 \quad (2.5)$$

Sedangkan untuk model *Seasonal AR*(P) dengan musiman sepanjang s dinyatakan oleh:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-s} + \phi_2 Z_{t-2s} + \dots + \phi_p Z_{t-ps} + \phi_0$$

atau

$$Z_t = (1 - \phi_1 B^s + \phi_2 B^{2s} - \dots - \phi_p B^{ps}) \hat{Y}_t = \phi_0 \quad (2.6)$$

Sehingga jika suatu hasil observasi Z_t mengikuti proses yang dibentuk oleh gabungan model *ARIMA*(p, d, q) dan model *SARIMA*(P, D, Q) maka modelnya dapat dimanipulasi sebagai berikut:

$$\phi(B)\phi_s(B)\nabla^d \nabla_s^D Y_t = \theta(B)\theta_s(B)a_t \quad (2.7)$$

dengan,

∇^d adalah operator *differencing* non musiman ordo ke- d

∇_s^D adalah operator *differencing* musiman ordo ke- D

2.6 Prosedur Menstasionerkan Data

Dalam kehidupan nyata lebih banyak ditemui data-data *non-stationer* daripada data yang *stationer*. Data ini dapat dikenali dari plot datanya. Hal tersebut terjadi karena banyak data-data *time series* yang tidak mempunyai *mean* atau *varian* yang tetap. Secara umum, bentuk data *non-stationer* dapat di *stationerkan* dengan cara *differencing* (pembedaan). Operator shift mundur (*backward shift*) sangat tepat untuk menggambarkan proses *differencing* (Makridakis dkk, (1999)) Penggunaan *backward shift* adalah sebagai berikut :

$$BY_t = Y_{t-1} \quad (2.8)$$

Dengan

Y_t nilai variabel Y waktu t

Y_{t-1} nilai variabel Y waktu $t - 1$

B *backward shift*

Notasi B yang dipasang pada Y mempunyai pengaruh menggeser data satu waktu belakang. Sebagai contoh, jika suatu data *time series non-stasioner*, maka data tersebut dapat dibuat mendekati *stationer* dengan melakukan *differencing* orde pertama dari data. Rumus untuk *differencing* orde pertama, yaitu

$$Y'_t = Y_t - Y_{t-1} \quad (2.9)$$

dengan

Y'_t nilai variabel Y pada waktu t setelah *differencing*.

Dengan menggunakan *backward shift*, persamaan (2.9) dapat ditulis menjadi

$$Y'_t = Y_t - BY_t$$

Atau

$$Y'_t = (1 - B)Y_t \quad (2.10)$$

Differencing pertama pada persamaan (2.10) dinyatakan oleh $(1 - B)$.

Secara umum jika terdapat *differencing* orde ke- d untuk mencapai *stationeritas*, maka dapat dinotasikan dengan

$$(1 - B)^d, d \geq 1 \quad (2.11)$$

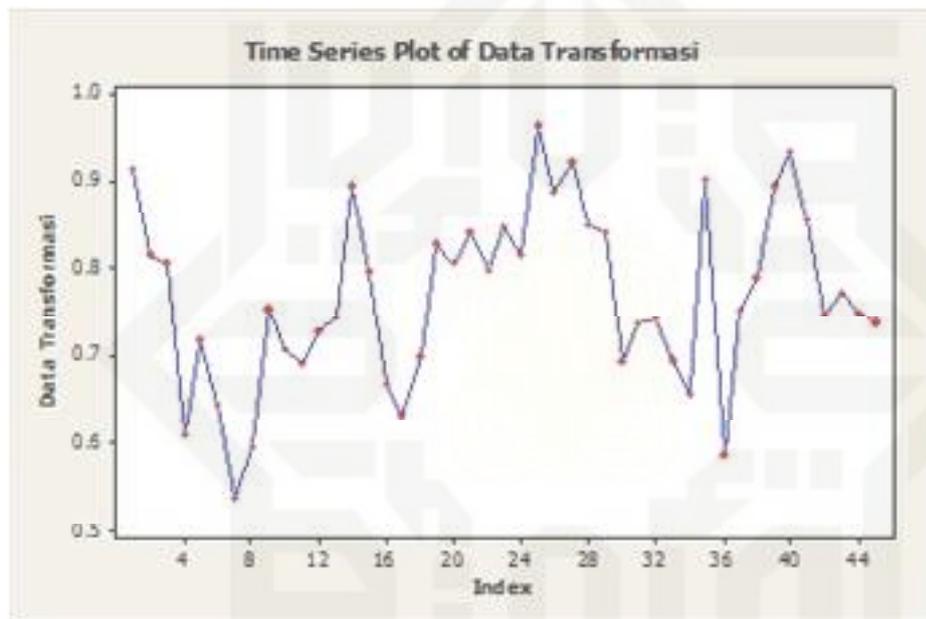
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Ada 3 cara untuk melihat stasioneritas data, diantaranya adalah sebagai berikut :

1) Grafik

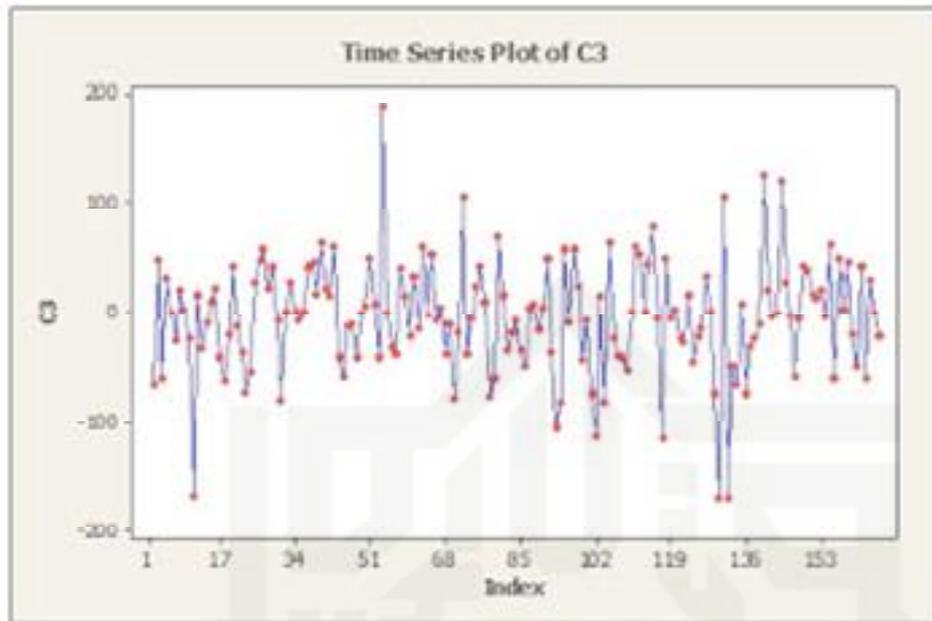
Untuk melihat adanya stasioneritas dapat dengan mudah kita lihat dengan grafik. grafik tersebut dibuat plot antara observasi dengan waktu. jika terlihat memiliki rata-rata dan varians konstan, maka data tersebut dapat disimpulkan stasioner. berikut contoh Metode grafik yang merupakan data stasioner.



Gambar 2.5 Grafik yang Belum Stasioner

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.6 Grafik yang Sudah Stasioner

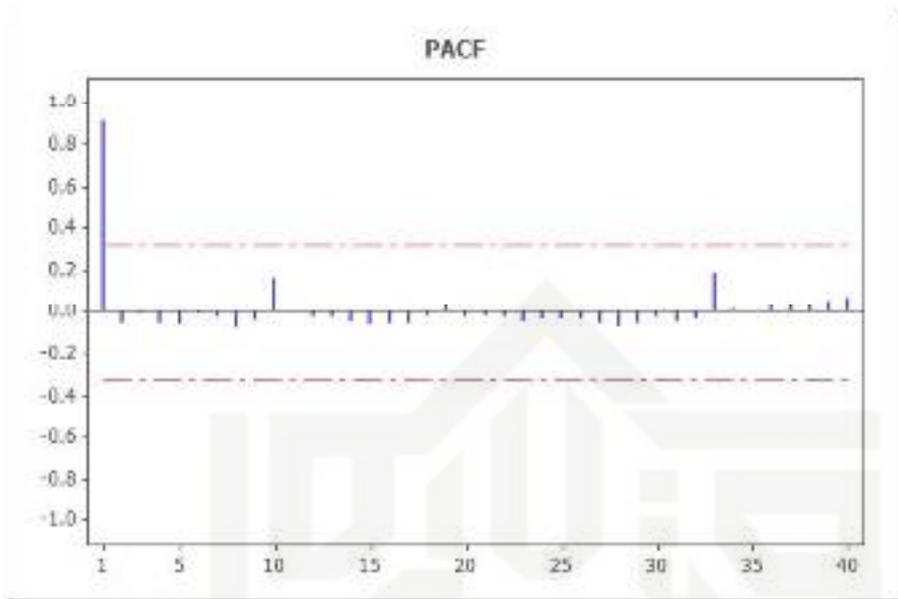
2. Plot ACF dan PACF

Pola ACF dan PACF juga mencerminkan kestasioneran data. Data yang belum stasioner biasanya memiliki pola *dying down* yang signifikan di hampir semua *lag* (dominan). Maka bila menjumpai data keduanya (PACF dan ACF) *dying down* yang signifikan, sebaiknya melakukan identifikasi ulang dan melakukan tahap pembedaan / *differencing*.

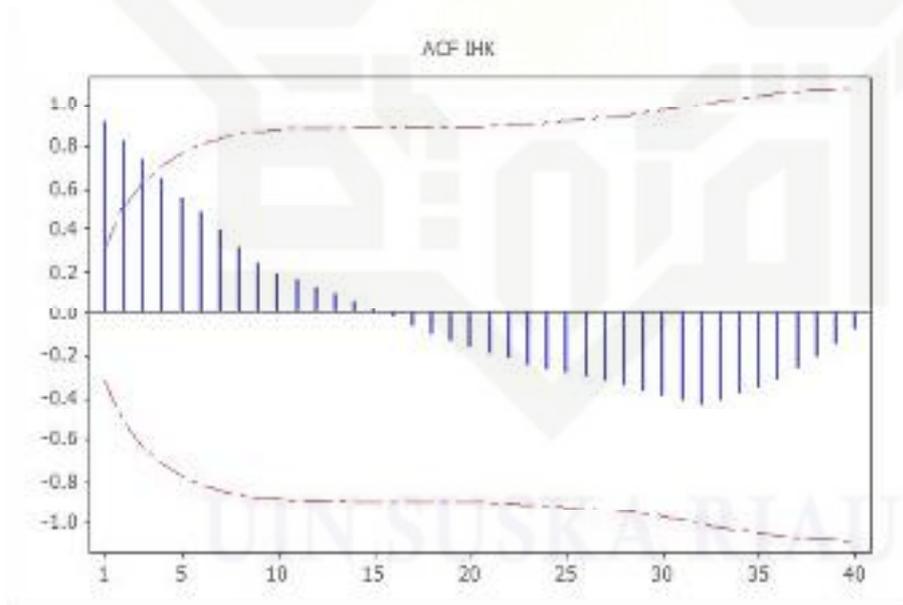
Pola *cut off* terjadi apabila data mendekati nilai 0 pada *lag - lag* awal atau terlihat gambar yang langsung menurun drastis (*cut off*). Sedangkan *dying down* biasanya terlihat menurun perlahan-lahan mendekati nilai 0. Belum ada kepastian berapa *lag* yang termasuk dalam *lag* awal, ada yang menjelaskan 5 data awal, ada juga yang menjelaskan 10 data awal. Namun biasanya dapat dilihat pola dari gambar sudah dapat diketahui apakah itu menurun perlahan atau langsung drastis/*cut off*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

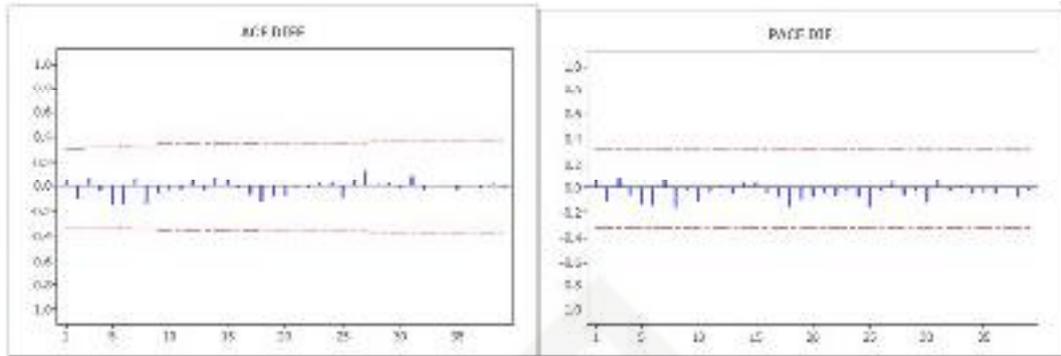
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.7 Pola Data *Cut Off*



Gambar 2.8 Pola Data *Dying Down*



Gambar 2.9 Pola Data *ACF* dan *PACF* yang Sudah Stasioner

3 Uji Unit *Root*

Stasioner atau tidak stasioner suatu data dapat juga diuji dengan menjalankan uji statistik yaitu uji unit *root*. Terdapat beberapa uji statistik yang dapat digunakan untuk menentukan stasioner atau tidak stasioner. Uji yang sering digunakan adalah uji Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips Peron (PP) dan Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS).

Uji ADF dilakukan berdasarkan Persamaan berikut :

$$\Delta y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + \sum_{i=1}^n a_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2.12)$$

Dengan a_i ; ($i = 1, \dots, n$) adalah parameter, t adalah variabel terhadap waktu dan ε_t adalah *error*. Pengujian hipotesis untuk uji ADF ini yaitu:

H_0 : *Time series* mempunyai unit *root* (*time series* yang tidak stasioner).

H_1 : *Time series* tidak mempunyai unit *root* (*time series* yang stasioner).

Untuk menguji hipotesis ini, nilai statistik t akan dibandingkan dengan nilai kritik yang dihitung oleh MacKinnon. Jika nilai mutlak statistik- t ADF lebih besar dari nilai mutlak MacKinnon pada tingkat kepercayaan yang telah ditentukan, maka tolak H_0 . Hal ini berarti bahwa *time series* tersebut adalah stasioner, begitu sebaliknya (Brocklebank, (2003)).

Uji lain yang dapat digunakan adalah uji Phillips Perron (PP). Uji ini menggunakan pengujian hipotesis yang sama dengan ADF, yaitu :

H_0 : *Time series* mempunyai unit *root* (*time series* yang tidak stasioner).

H_1 : *Time series* tidak mempunyai unit *root* (*time series* yang stasioner).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Uji PP mempunyai Persamaan sebagai berikut :

$$\Delta y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.13)$$

Dengan a_0, a_1 adalah parameter, t adalah variabel terhadap waktu dan ε_t adalah *error*. Uji statistik PP yaitu uji statistik- t dikenalkan oleh Dickey Fuller, dengan membandingkan nilai kritik MacKinnon (Madalla, (1992)).

Uji yang dapat juga digunakan untuk menguji stasioner atau tidak stasioner data, yaitu uji KPSS. Uji ini mempunyai Persamaan sebagai berikut :

$$y_t = a_0 + \varepsilon_t \quad (2.14)$$

Pengujian hipotesis yang digunakan untuk uji KPSS yaitu :

H_0 : *Time series* yang stasioner.

H_1 : *Time series* yang tidak stasioner.

Untuk menguji hipotesis ini, maka nilai kritik MacKinnon akan digunakan sebagai perbandingan dengan nilai statistik- t oleh KPSS (Wai, (2008)).

2.7 Prosedur Metode Box-Jenkins

Langkah-langkah dalam prosedur Box-Jenkins adalah sebagai berikut:

a. Identifikasi Model

Identifikasi model data *time series* yang stasioner digunakan *ACF* dan *PACF*. *Autokorelation Function (ACF)* merupakan fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi antara data pada waktu ke t dengan data pada waktu-waktu sebelumnya. *Partial Autokorelation Function (PACF)* yaitu fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi parsial antara pengamatan (data) pada waktu ke t dengan pengamatan pada waktu-waktu sebelumnya.

Identifikasi model dilakukan dengan melihat grafik autokorelasi dan autokorelasi parsial data. Grafik *ACF* digunakan untuk menentukan kestasioneran data *time series* pada model *AR(p)*, yaitu dengan melihat lag-lag nya yang turun secara eksponensial atau sinusoidal. Sedangkan grafik *PACF* untuk menentukan kelas model dari data *time series* yang digunakan, yaitu dengan melihat fungsi *cut off* setelah lag p . Pada model *MA(q)* grafik *PACF*

digunakan untuk menentukan kestasioneran data *time series*, yaitu dengan melihat *lag-lag* nya yang turun secara eksponensial atau sinusoidal. Kemudian grafik *ACF* untuk menentukan kelas model dari data *time series* yang digunakan, yaitu dengan melihat fungsi *cut off* setelah *lag q* (Montgomery dkk, (2008); Efendi, (2010)).

Identifikasi model untuk data yang mengandung unsur *seasonal* dan *trend*, juga dilakukan dengan melihat pasangan *ACF* dan *PACF*. Periode *seasonal* pada kasus data *seasonal trend* diperoleh dengan melihat grafik *ACF* hasil *differencing nonseasonal* yaitu *lag* yang mempunyai nilai korelasi yang tertinggi (Cryer, (1986)).

b. Metode Estimasi Parameter

Setelah melakukan proses identifikasi dan memperoleh model sementara maka langkah selanjutnya adalah mengestimasi parameter model sementara tersebut menggunakan Metode kuadrat terkecil. Konsep dasar pada Metode kuadrat terkecil adalah dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat *error* atau galatnya. Jumlah kuadrat *error* untuk persamaan runtun waktu (*time series*) orde satu analog dengan persamaan kuadrat *error* pada regresi sederhana. Secara umum persamaan regresi linier sederhana adalah (Neter, dkk: h.26):

$$\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_1 x_i, i = 1, 2, \dots \tag{2.15}$$

Persamaan jumlah kuadrat *error* pada regresi linier sederhana adalah:

$$J = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \tag{2.16}$$

Misalkan pada model *AR(1)*, maka \hat{y}_i diganti dengan Z_t , e_i dengan a_t , α dengan ϕ_0 , β dengan ϕ_1 , x_i dengan Z_{t-1} . Maka persamaan jumlah kuadrat *error* nya menjadi:

$$J = \sum_{t=1}^n e_t^2 = \sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2 \tag{2.17}$$

untuk model persamaan berikut:

$$\hat{Z}_t = \phi_0 + \phi_1 Z_{t-1} \tag{2.18}$$

dengan mensubstitusikan pada Persamaan (2.18) ke Persamaan (2.17), maka jumlah kuadrat *error* menjadi:

$$J = \sum_{t=1}^n a_t^2 = \sum_{t=1}^n (Z_t - \phi_0 - \phi_1 Z_{t-1})^2 \tag{2.19}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kemudian selanjutnya meminimumkan jumlah kuadrat error, berarti meminimumkan Persamaan (2.19) dengan cara menurunkan terhadap ϕ_0 dan ϕ_1 dan pesamaannya sama dengan nol.

1. Turunan fungsi J terhadap ϕ_0

$$\begin{aligned} \frac{\partial J}{\partial \phi_0} &= 0 \\ \frac{\partial J}{\partial \phi_0} &= \frac{\partial}{\partial \phi_0} \sum_{t=1}^n (Z_t - \phi_0 - \phi_1 Z_{t-1})^2 = 0 \\ 2 \sum_{t=1}^n (Z_t - \phi_0 - \phi_1 Z_{t-1})(-1) &= 0 \\ \sum_{t=1}^n Z_t - \sum_{t=1}^n \phi_0 - \phi_1 \sum_{t=1}^n Z_{t-1} &= 0 \\ \sum_{t=1}^n Z_t - \phi_1 \sum_{t=1}^n Z_{t-1} &= n\phi_0 \\ \sum_{t=1}^n \frac{Z_t}{n} - \phi_1 \sum_{t=1}^n \frac{Z_{t-1}}{n} &= \phi_0 \\ \phi_0 &= \bar{Z}_t - \phi_1 \bar{Z}_{t-1} \end{aligned} \quad (2.20)$$

2. Turunan fungsi J pada Persamaan (2.19) terhadap ϕ_1

$$\begin{aligned} \frac{\partial J}{\partial \phi_1} &= 0 \\ \frac{\partial J}{\partial \phi_1} &= \frac{\partial}{\partial \phi_1} \sum_{t=1}^n (Z_t - \phi_0 - \phi_1 Z_{t-1})^2 = 0 \\ -2 \sum_{t=1}^n (Z_t - \phi_0 - \phi_1 Z_{t-1})(Z_{t-1}) &= 0 \\ \sum_{t=1}^n (Z_t Z_{t-1} - \phi_0 \sum_{t=1}^n Z_{t-1} - \phi_1 \sum_{t=1}^n (Z_{t-1})^2) &= 0 \\ \sum_{t=1}^n Z_t Z_{t-1} - \frac{\sum_{t=1}^n Z_t}{n} \sum_{t=1}^n Z_{t-1} - \phi_1 \left(\sum_{t=1}^n (Z_{t-1})^2 - \frac{(\sum_{t=1}^n Z_{t-1})^2}{n} \right) &= 0 \end{aligned}$$

Subtitusikan persamaan koefisien ϕ_0 kedalam persamaan diatas sehingga diperoleh persamaan koefisien ϕ_1

$$\phi_1 = \frac{\sum_{t=1}^n Z_t Z_{t-1} - \left(\frac{\sum_{t=1}^n Z_t}{n} \right) \left(\frac{\sum_{t=1}^n Z_{t-1}}{n} \right)}{\left(\sum_{t=1}^n (Z_{t-1})^2 \right) - \frac{(\sum_{t=1}^n Z_{t-1})^2}{n}} \quad (2.21)$$

Setelah penaksiran dilakukan dan parameter diperoleh, langkah berikutnya adalah menguji parameter model dengan cara membandingkan $P - value$ pada setiap parameter model dengan level toleransi (α) dalam pengujian hipotesis, dengan hipotesis:

- H_0 : Parameter model tidak signifikan dalam model
 H_1 : Parameter model signifikan dalam model

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Parameter model dikatakan signifikan apabila $P - value < \alpha$ atau tolak H_0 , dan terima H_1 .

c. Pemeriksaan Diagnostik

Langkah selanjutnya yang akan dilakukan adalah melakukan uji diagnostik, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah spesifikasi modelnya sudah layak digunakan atau belum. Untuk mengetahui model yang layak dapat dilakukan dengan melakukan uji independensi residual dan uji kenormalan residual.

1. Uji Independensi Residual

Uji independensi residual dilakukan guna mendeteksi residual pada lag, hal ini dapat diketahui melalui korelogram ACF dan $PACF$ residual yang dihasilkan dari model. Jika residualnya ternyata *white noise*, maka modelnya dapat dikatakan baik dan sebaliknya. Selain dengan menggunakan korelogram ACF dan $PACF$ residual, independensi residual dapat juga dilakukan dengan uji *Ljung-Box* yakni dengan membandingkan $P - value$ dengan level toleransi α . Hipotesisnya adalah:

H_0 : residual model mengikuti proses random

H_1 : residual model tidak mengikuti proses random

Apabila $P - value > \alpha$ maka terima H_0 dan apabila $P - value < \alpha$ maka tolak H_0 .

2. Uji Kenormalan Residual

Uji kenormalan residual dapat dilakukan dengan melihat histogram residual yang dihasilkan oleh model. Model yang layak digunakan untuk peramalan adalah model yang telah mengikuti pola kurva normal. Jika model yang dihasilkan lebih dari satu, dapat dilakukan pemilihan model terbaik, Salah satu ukuran statistik yang digunakan untuk melihat ketelitian dan ketepatan model yang akan diramalkan dan untuk pencarian teknik yang optimal adalah dengan menggunakan *mean square error (MSE)*. Kriteria MSE dirumuskan :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad (2.22)$$

dengan

- Y_t adalah data pada periode t
- \hat{Y}_t adalah data ramalan periode t
- n adalah jumlah data

Model yang diambil adalah model yang memiliki nilai MSE terkecil. Semakin kecil nilai MSE maka nilai taksiran semakin mendekati nilai sebenarnya, atau model yang diambil merupakan model terbaik, karena hal itu berarti bahwa di masa lalu model dapat menirukan kenyataan secara lebih baik dengan tingkat kesalahan yang kecil.

3. Menghitung *Mean Absolut Percentage Error (MAPE)*

Setelah model dipilih, hitung nilai *mean absolut percentage error (MAPE)*.

Kriteria $MAPE$ dirumuskan)

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Y_t - \hat{Y}_t)}{Y_t} \quad (2.23)$$

Dengan mengingat tingkat persentase *error* yang baik untuk peramalan adalah dibawah 20%.

d. Peramalan

Langkah selanjutnya dalam Metode Box-Jenkins adalah peramalan. Peramalan tersebut meliputi peramalan data *training*, peramalan data *testing* dan peramalan untuk waktu yang akan datang. Misal, model yang terpilih adalah model $AR(1)$ maka tahap peramalan adalah sebagai berikut:

1. Peramalan data *training*

$$\hat{X}_2 = \phi_0 + \phi_1 X_1 \quad (2.24)$$

Begitu seterusnya hingga data terakhir pada data *training*. Pada peramalan data *training* digunakan data aktual.

2. Peramalan data *testing*

$$\hat{X}_t = \phi_0 + \phi_1 \hat{x}_{t-1} \quad (2.25)$$

\hat{x}_{t-1} adalah data terakhir hasil peramalan pada data *training*. Pada peramalan data *testing* digunakan data hasil peramalan pada data *training*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Peramalan untuk waktu yang akan datang.

Model matematis untuk tahap peramalan ini sama dengan model matematis pada peramalan data *testing*, tetapi \hat{X}_{t-1} adalah data terakhir hasil peramalan pada data *testing*. Pada peramalan untuk waktu yang akan datang digunakan data hasil peramalan pada data *testing*.

