

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Data Runtun Waktu

Menurut (Dwitanto, 2011) runtun waktu merupakan himpunan observasi terurut dalam waktu atau dalam dimensi lain yang menurut sejarah observasinya, runtun waktu dibedakan menjadi dua yaitu runtun waktu deterministik dan runtun waktu stokastik. Tokoh pertama yang mengenalkan analisis runtun waktu yaitu oleh George E.P.Box dan Gwilym M.Jenkins (1976) yang memaparkan pemikiran *time series* merupakan pengamatan sekarang tergantung pada satu atau beberapa pengamatan sebelumnya. Dalam (Kustiara, 2018) mengatakan ciri-ciri observasi data runtun waktu adalah interval antar indeks waktu t dapat dinyatakan dalam satuan waktu yang sama (identik). Beberapa kondisi penting yang harus dimiliki oleh data runtun waktu menurut (B.Marvillia, 2012) adalah :

1. Deretan pengukuran berasal dari sumber yang sama. Yang membedakan hasil pengukuran tersebut adalah waktu melakukan pengukuran.
2. Antara observasi pada suatu titik waktu dengan observasi pada titik waktu lainnya saling dependen secara statistik atau berkorelasi.
3. Kumpulan observasi memiliki susunan atau pola tertentu.

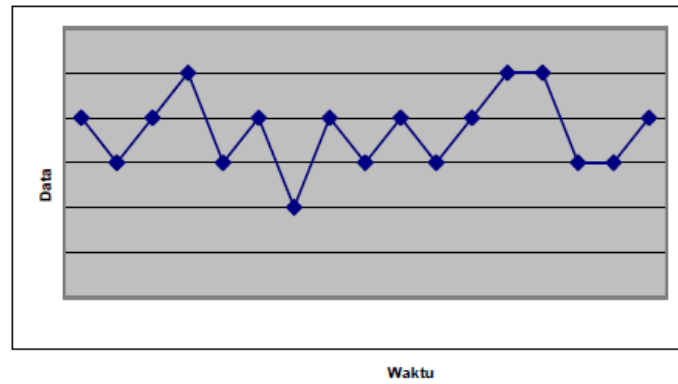
Dalam (Mutiara, 2015) menjelaskan beberapa jenis data menurut waktu dibedakan menjadi 3, diantaranya sebagai berikut.

- a. Data *Cross Section* adalah jenis data yang dikumpulkan untuk jumlah variabel pada suatu titik waktu tertentu. Model yang digunakan untuk memodelkan tipe ini adalah model regresi.
- b. Data runtun waktu (*time series*) adalah jenis data yang dikumpulkan menurut urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu. Model yang digunakan untuk memodelkan tipe ini adalah model-model *time series*.
- c. Data Panel adalah jenis data yang dikumpulkan menurut urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu pada sejumlah kategori. Model yang digunakan untuk memodelkan tipe ini adalah model data panel, model runtun waktu multivariate.

Sedangkan mengenai pola data menurut (Hendikawati, 2015) dapat dibedakan menjadi empat, diantaranya sebagai berikut.

- a. Pola horizontal (H)

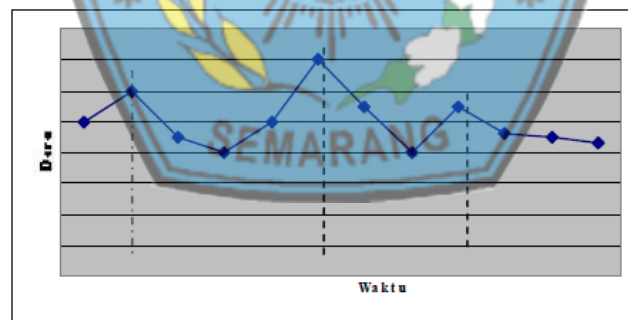
Terjadi bila mana data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan (data ini stasioner terhadap nilai rata-ratanya). Suatu produk yang penjualannya tidak meningkat atau menurun selama waktu tertentu termasuk jenis ini. Secara umum struktur datanya dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 0.1 Pola Data Horizontal

b. Pola data musiman (S)

Terjadi bila mana nilai data dipengaruhi oleh faktor musiman (misalnya kuartal tahun tertentu, bulanan atau hari-hari pada minggu tertentu). Penjualan produk minuman, es krim, bahan bakar pemanas ruang dan produksi padi menunjukkan pola ini. Secara umum struktur datanya dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2.

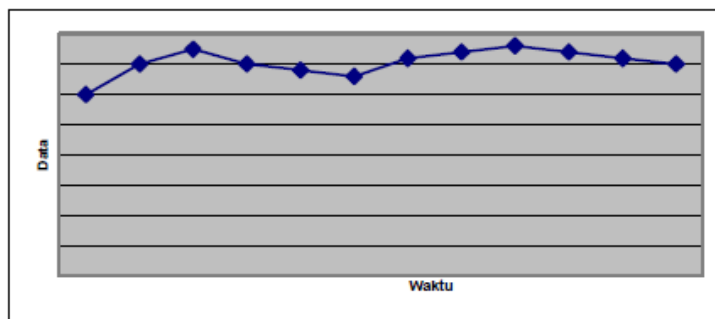


Gambar 0.2 Pola Data Musiman

c. Pola siklis (C)

Terjadi bilamana datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Pada penjualan produk seperti

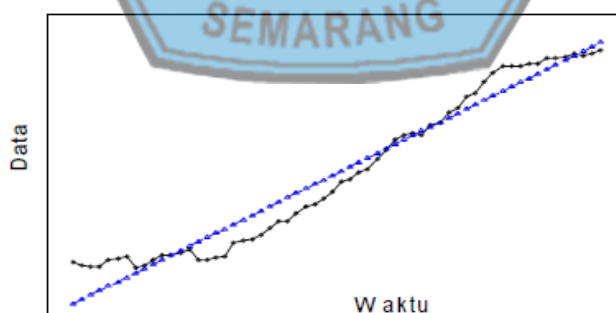
mobil, baja, dan peralatan industri lain menunjukkan pola ini. Secara umum struktur datanya dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 0.3 Pola Data Siklis

d. Pola trend (T)

Terjadi bilamana ada kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data. Data penjualan suatu perusahaan, produk nasional bruto, dan berbagai indikator bisnis dan ekonomi lainnya mengikuti suatu pola trend selama perubahannya sepanjang waktu. Secara umum struktur datanya dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 0.4 Pola Data Trend

1.2 Peramalan Data Runtun Waktu

Peramalan merupakan suatu teknik yang digunakan untuk meramalkan keadaan di masa yang akan datang melalui pengujian keadaan di masa lalu.

Dasarnya meramalkan sama halnya dengan memprediksi atau memperkirakan suatu hal, kejadian atau peristiwa masa datang yang berdasar pada masa lalu hingga saat ini. Peramalan diartikan menjadi suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang apa yang paling mungkin terjadi di masa depan berdasar informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki agar kesalahannya (selisih antara apa yang terjadi dengan hasil perkiraan) dapat diperkecil. Peramalan dapat juga diartikan sebagai usaha memperkirakan perubahan, agar tidak disalahpahami bahwa peramalan tidak memberi jawaban pasti tentang apa yang terjadi, melainkan berusaha mencari yang sedekat mungkin dengan yang akan terjadi (Mulyono, 2000).

Pengertian lain mengenai peramalan adalah data di masa lalu yang digunakan untuk keperluan estimasi data yang akan datang. Peramalan atau *forecasting* merupakan bagian terpenting bagi setiap perusahaan ataupun organisasi bisnis dalam setiap pengambilan keputusan manajemen. Organisasi selalu menentukan sasaran dan tujuan, berusaha menduga faktor-faktor lingkungan, lalu memilih tindakan yang diharapkan akan menghasilkan pencapaian sasaran dan tujuan tersebut. Kebutuhan akan peramalan meningkat sejalan dengan usaha manajemen untuk mengurangi ketergantungannya pada hal-hal yang belum pasti. Peramalan menjadi lebih ilmiah sifatnya dalam menghadapi lingkungan manajemen. Organisasi perlu memiliki pengetahuan dan keterampilan yang meliputi berbagai bidang untuk melakukan peramalan, yaitu (Makridakis dkk, 1999):

1. Identifikasi dan definisi masalah peramalan.

2. Aplikasi serangkaian model peramalan.
3. Prosedur pemilihan metode yang tepat untuk situasi tertentu.
4. Dukungan organisasi untuk menerapkan dan menggunakan metode peramalan formal.

1.3 Uji Stasioneritas

Suatu proses dalam analisis runtun waktu dikatakan stasioner, jika dalam proses tersebut tidak terdapat perubahan kecenderungan baik dalam rata-rata maupun dalam variansi. Stasioner dapat dilihat dengan melihat plot data runtun waktu. Salah satu ciri proses telah stasioner, ditandai dengan hasil plot data runtun waktu yang grafiknya sejajar dengan sumbu waktu t (biasanya sumbu x , sedang sumbu y merupakan sumbu yang memuat data hasil pengamatan).

Dalam (Makridakis, 1999) suatu data pengamatan dapat dinyatakan stasioner apabila data tersebut memiliki nilai rata-rata yang relatif konstan, tidak tergantung pada waktu dan variansi dari fluktuasi tersebut. Dalam hal ini terdapat dua cara untuk mengecek kestasioneran data yaitu dengan *Box-Cox Transformation* dan *Differencing*. *Box-Cox Transformation* merupakan transformasi pangkat pada variabel tidak bebas, dimana suatu deret waktu yang tidak stasioner dalam hal varian harus diubah menjadi data stasioner yang dapat dilakukan dengan cara di *Transformasi*. Sedangkan *Differencing* atau perbedaan yaitu dilakukan apabila mendapati data yang diolah pada data deret berkala tidak stasioner dalam rata-rata. *Differencing* merupakan menghitung peubah atau selisih nilai data pada suatu periode dengan nilai data pada periode sebelumnya. Hal ini jika *differencing* ordo masih belum menghasilkan data yang stasioner,

maka dapat dilakukan *differencing* ordo kedua, dan seterusnya hingga diperoleh data yang stasioner.

Pada model stasioneritas, sifat-sifat statistik di masa yang akan datang dapat diramalkan berdasarkan data historis yang telah terjadi di masa lalu. Asumsi stasioneritas dari data adalah sifat yang penting dalam analisis data *time series*. Dalam tulisan (Rosadi, 2012) pengujian stasioneritas dari suatu data runtun waktu dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu sebagai berikut diantaranya:

1. Untuk mendeteksi ketidak-stasioneritas data dalam mean dapat digunakan plot dari data dalam urutan waktu, plot fungsi autokorelasi (ACF) dan plot fungsi autokorelasi parsial (PACF). Jika data mengandung trend maka plot ACF/PACF akan meluruh secara perlahan dan data non stasioner dalam mean.
2. Untuk mendeteksi ketidak-stasioneritas data dalam mean dapat digunakan plot ACF/PACF dari residual kuadrat. Series dikatakan stasioner bila nilai probabilitas $BJ < \text{probabilitas critical value}$ atau nilai $Q_{\text{statistik}} BJ < \text{nilai chi squares}$ ($df = \text{lag maksimal}$ $\alpha = 5\%$).
3. Uji *unit root*. Pengujian akar-akar unit diperlakukan untuk melihat apakah data yang digunakan stasioner (*non-stochastic*) ataukah tidak stasioner (*stochastic*). Data yang stasioner adalah data *time series* yang tidak mengandung akar-akar unit, begitu pula sebaliknya. Stasioner data juga dapat diperiksa dengan mengamati apakah runtun waktu mengandung akar unit, yakni apakah terdapat komponen trend yang berupa random walk dalam data. Terdapat berbagai metode untuk melakukan unit akar, diantaranya Dickey-Fuller, Augmented Dickey-Fuller, dan lain-lain. Untuk uji akar unit dengan metode ADF data

dikatakan stasioner jika nilai statistik $ADF > \text{nilai kritis MacKinnon}$ pada $\alpha=1\%$, $\alpha=5\%$ dan $\alpha=10\%$.

1.4 Uji Akar Unit (*Augmented Dickey-Fuller Test*)

Augmented Dickey Fuller Test merupakan salah satu uji yang digunakan untuk mengukur kestasioneran dalam rata-rata. Dickey dan Fuller menjelaskan hipotesis dari pengujian ini adalah:

$H_0 : \gamma = 0$ (Terdapat unit roots, data tidak stasioner dalam rata-rata)

$H_1 : \gamma \neq 0$ (Terdapat unit roots, data stasioner dalam rata-rata)

Dengan melihat nilai p-value, jika $p\text{-value} < \alpha 5\%$ maka tolak H_0 yang artinya data sudah stasioner dalam rata-rata, dan jika $p\text{-value} > \alpha 5\%$ maka kebalikannya.

1.5 Uji t

Uji t ini digunakan untuk pengujian signifikansi parameter, dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : \text{parameter} = 0$ (*parameter tidak signifikan terhadap model*)

$H_1 : \text{parameter} \neq 0$ (*parameter signifikan terhadap model*)

Pada taraf signifikansi $\alpha 5\%$ untuk statistik uji dan kriteria pengujiannya sebagai berikut.

Statistik Uji: $t_{hitung} = \frac{(\text{Parameter Estimasi})}{SE(\text{Parameter Estimasi})}$ atau $p\text{-value}$

Kriteria Uji: $|t_{hitung}| > \alpha=5\%; n-1$

Kesimpulan: Signifikan jika $|t_{hitung}|$ lebih besar dari t_{tabel}

1.6 Uji Jarque-Bera

Menurut (Kabasarang, Setiawan, dan Susanto, 2012) uji Jarque-Bera merupakan salah satu uji yang digunakan untuk menguji kenormalan sisaan pada data deret waktu. Langkah selanjutnya adalah melihat apakah residual berdistribusi normal. Uji normalitas dapat dilakukan dengan uji Jarque-Bera, dengan asumsi.

$H_0 : \alpha_1 = 0$ (Residual berdistribusi normal)

$H_1 : \alpha_1 \neq 0$ (Residual tidak berdistribusi normal)

Dengan melihat nilai p-Value dengan asumsi jika nilai p-value $< \alpha$ yang artinya tolak H_0 (residual tidak berdistribusi normal). Uji Jarque-Bera dalam penelitian ini untuk menguji residual (sisaan) dari model tersebut apakah berdistribusi normal atau tidak

1.7 Metode Runtun Waktu Box-Jenkins (ARIMA)

Metode ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) merupakan metode yang secara intensif dikembangkan dan dipelajari oleh George Box dan Gwilym Jenkins, oleh karena itu nama mereka sering dikaitkan dengan proses ARIMA yang diaplikasikan untuk analisis data dan peramalan data runtun waktu. ARIMA sebenarnya merupakan usaha untuk mencari pola data yang paling cocok dari sekelompok data, sehingga metode ARIMA memerlukan sepenuhnya data historis dan data sekarang untuk menghasilkan ramalan jangka pendek (Sugiarto dan Harijono, 2000). Secara umum model Box – Jenkins dirumuskan dengan notasi ARIMA(p,d,q). Dalam hal ini:

p = Orde atau derajat AR (*Autoregressive*)

d = Orde atau derajat pembeda (*Differencing*)

q = Orde atau derajat MA (*Moving Average*)

1.7.1 Model Pengembangan ARIMA

Model pengembangan ARIMA terdiri dari Model Autoregressive (AR), Model Moving Average (MA), dan Model Autoregressive Moving Average (ARMA). Untuk penjelasannya sebagai berikut.

1. Model Autoregressive (AR)

Dalam (Kustiara, 2018) menjelaskan bahwa model stokastik yang bermanfaat untuk merepresentasikan suatu proses yang dinyatakan sebagai bilangan berhingga, kumpulan linier dari data lampau atau data yang didapatkan pada masa lalu dari proses dan kejadian tak terduga adalah model *autoregressive*. Dalam model ini, nilai saat ini dari suatu proses dinyatakan dalam bilangan berhingga, kumpulan linier dari data lampau dari proses dan kejadian tak terduga a_t . *Autoregressive* (AR) merupakan suatu observasi pada waktu t dinyatakan sebagai fungsi linier terhadap p waktu sebelumnya ditambah dengan residual acak a_t yang *white noise* yaitu independen dan berdistribusi normal dengan rata-rata 0 dan varian konstan σ_a^2 , ditulis.

$$a_t \sim N(0, \sigma_a^2)$$

Apabila periode yang mempengaruhi nilai tidak hanya satu atau dua periode, tetapi hingga p periode, menurut (Winarno, 2015) dalam (Kustiara, 2018) maka modelnya dapat dituliskan menjadi:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + e_t \quad (2.1)$$

Di mana

Y_t = nilai variabel pada waktu ke- t

β_i = koefisien regresi (i=1,2, ..., p)

e_t = nilai error atau residual pada waktu ke-t



3. Model Moving Average (MA)

Moving Average (MA) bertujuan guna menjelaskan suatu fenomena yang menyatakan bahwa suatu observasi pada waktu t bahwa suatu observasi pada waktu dinyatakan sebagai kombinasi linier dari sejumlah *error* acak. Menurut (Winarno, 2015) dalam (Kustiara, 2018), selain memperkirakan nilai Y_t dengan menggunakan nilai Y pada periode-periode sebelumnya, nilai Y_t juga dapat diperkirakan menggunakan nilai residualnya. Model *Moving Average* (MA) dengan orde q dinotasikan $MA(q)$. Bentuk model $MA(q)$ dapat dituliskan menjadi

$$Y_t = \alpha_0 - \alpha_1 e_1 - \alpha_2 e_{t-1} - \alpha_3 e_{t-2} - \dots - \alpha_q e_{t-q} \quad (2.2)$$

dimana

Y_t = nilai variabel pada waktu ke- t

α_i = koefisien regresi ($i = 1, 2, \dots, q$)

e_t = nilai residual.

4. Model Autoregressive Moving Average (ARMA)

Model *Autoregressive Moving Average* (ARMA) merupakan suatu kombinasi atau gabungan dari model AR dan MA. Metode ARIMA akan bekerja dengan baik jika data runtun waktu yang digunakan bersifat dependen atau berhubungan satu sama lain secara statistik. Gabungan dari proses ARMA memiliki sifat campuran antara AR dan MA. Secara teori fungsi autokorelasi meluruh menuju nol setelah *lag* ($q-p$) yang pertama, hal itu terjadi baik secara eksponensial maupun berbentuk gelombang sinus. Fungsi autokorelasi parsial terorisnya meluruh menuju nol setelah *lag* ($p-q$) yang pertama. Umumnya,

untuk model runtun waktu non musiman, nilai p dan q tidak lebih dari dua. Secara Matematis proses ARMA dengan orde (p,q) dapat diberikan sebagai formulasi pada persamaan :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \dots + \beta_p Y_{t-p} - \alpha_1 e_t - \dots + \alpha_q e_{t-q} + e_t \quad (2.3)$$

dimana

Y_t = nilai variabel pada waktu ke- t

β_i = koefisien regresi ($i = 1, 2, \dots, p$)

α_i = koefisien regresi ($i = 1, 2, \dots, q$)

e = nilai residual

1.7.2 Prosedur Metode Runtun Waktu ARIMA

Dalam prosedur runtun waktu model ARIMA dilakukan dengan dua tahap. Yaitu dengan identifikasi dan estimasi parameter.

a. Identifikasi

Dalam identifikasi dijelaskan hal pertama yang perlu diperhatikan mengenai kestasioneran data adalah bahwa kebanyakan *time series* bersifat non stasioner dan bahwa aspek-aspek AR dan MA dari model ARIMA hanya berkenaan dengan deret berkala yang stasioner. Model AR dan MA dari suatu data *time series* dapat diidentifikasi dengan melihat grafik ACF dan PACF. Tabel 2.1 merupakan identifikasi orde model AR dan MA dengan plot ACF dan PACF.

Tabel 0.1 Identifikasi Ordo Model ARIMA

Model	ACF	PACF
-------	-----	------

AR (p)	Menurun secara bertahap menuju nol	Menuju nol setelah lag ke-p
MA (q)	Menuju nol setelah lag ke-q	Menurun secara bertahap menuju nol
ARMA (p,q)	Menurun secara bertahap menuju nol	Menurun secara bertahap menuju nol

Dari Tabel 2.1 dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Jika plot ACF menurun secara bertahap menuju nol dan plot PACF menuju nol setelah lag ke-p, maka dugaan modelnya adalah AR(p).
2. Jika plot ACF menuju nol setelah lag ke-q dan plot PACF menurun secara bertahap menuju nol, maka dugaan modelnya adalah MA(q).
3. Jika plot ACF dan plot PACF menurun secara bertahap menuju nol, maka dugaan modelnya adalah ARMA(p,q).

b. Estimasi Parameter

Pengujian ini dilakukan guna mendeteksi parameter AR, MA, *differencing* (jika ada), dan konstanta yang dimiliki signifikan atau tidak. Jika parameter-parameter tersebut signifikan maka model layak digunakan dan jika sebaliknya maka tidak layak digunakan. Apabila diperoleh beberapa model yang signifikan maka selanjutnya dipilih sebuah model terbaik.

1.8 Heterokedastisitas

Varians residual yang konstan merupakan asumsi penting dalam analisis regresi. Varians dari residuals tidak berubah dengan berubahnya satu atau lebih variabel bebas. Menurut (Kustiara, 2018) jika asumsi ini terpenuhi, maka residual

bersifat homoskedastisitas. Jika varian variabel tidak konstan maka residual bersifat heterkedastisitas.

Heterokedastisitas dinyatakan dengan persamaan.

$$\text{var}(u|y_1, y_2, \dots y_3) = \sigma_i^2 \quad (2.4)$$

dimana indeks i menunjukkan bahwa varians berubah dari observasi ke observasi. Metode yang paling cepat dan mudah dilakukan dalam menguji adanya masalah heteroskedastik adalah dapat dilakukan dengan mendeteksi pola residual melalui sebuah grafik. Yaitu dapat diketahui jika residual mempunyai varian yang sama (homoskedastik) maka tidak mempunyai pola yang pasti dari residual. Sebaliknya jika residual mempunyai sifat heteroskedastik, residual ini akan menunjukkan pola yang tertentu.

1.9 Model Autoregressive Conditional Heterokedasticity

Model *Autoregressive Conditional Heterokedasticity* (ARCH) merupakan model autoregresif yang terjadi dalam keadaan variansi tidak konstan. Volatilitas merupakan ukuran ketidakpastian dari data runtun waktu yang ditunjukkan dengan adanya fluktuasi. Fluktuasi ini menyebabkan varian dari residual tidak konstan dan bersifat heterokedastisitas. Pada tahun 1982 Engle menunjukkan model ARCH (*Autoregressive Conditional Heterokedasticity*) untuk memodelkan dan mengatasi data dengan asumsi varian dari residual yang bersifat heterkedastis. Model ini menunjukkan adanya ketidakstabilan variansi pada model runtun waktu sehingga dapat dijadikan alternative untuk menghitung dan memodelkan data.

Konsep dasar dari model ARCH adalah varians residual kuadrat dari beberapa periode yang telah lampau. Model ARCH dengan orde p dinotasikan

ARCH(p) dinyatakan dalam dua persamaan yaitu persamaan rata-rata dan persamaan ragamnya.

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \varepsilon_t \quad (2.5)$$

dan

$$\sigma_t^2 = \alpha + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 \quad (2.6)$$

dengan Y variabel dependen, X variabel independen, ε residual, σ_t^2 varian residual. $\alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2$ disebut dengan komponen ARCH.

Komponen-komponen dalam varian residual terdiri dari dua komponen, yaitu konstanta dan residual dari periode sebelumnya. Itulah sebabnya model ini disebut model bersyarat (*conditional*), karena varian residual periode sekarang (t) dipengaruhi oleh periode sebelum-sebelumnya ($t - 1$, $t - 2$, dan seterusnya). Persamaan (2.5) disebut dengan persamaan rata-rata bersyarat (*conditional mean*) dan persamaan (2.6) disebut dengan persamaan variansi bersyarat (*conditional variance*) (Winarno, 2015) dalam (Kustiara, 2018).

1.10 Uji ARCH-Lagrange Multiplier

Pengujian ARCH-LM digunakan untuk mengetahui ada tidaknya gejala heterokedastisitas pada suatu data deret waktu. Ide pokok uji ini adalah bahwa variansi residual bukan hanya fungsi dari variabel independen tetapi tergantung pada residual kuadrat pada periode sebelumnya.

Misalkan

$$e_t = X_t - \mu_t \quad (2.7)$$

Adalah residual dari persamaan rata-rata. Barisan e_t^2 digunakan untuk memeriksa heterokedastisitas bersyarat atau efek ARCH. Uji ini sama dengan statistik F pada umumnya untuk menguji $\alpha_i (i=1,2, \dots, p)$ dalam regresi linear

$$e_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p e_{t-p}^2 + w_t; t = m+1, K, T \quad (2.8)$$

Dengan α adalah *error*, m bilangan bulat, dan T adalah ukuran sampel atau banyaknya observasi.

Langkah pengujian ARCH-LM adalah

Hipotesis:

$$H_0: \alpha_1 = \dots = \alpha_p = 0 \text{ (tidak terdapat efek ARCH)}$$

$$H_1: \exists \alpha_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, p \text{ (terdapat efek ARCH)}$$

Taraf signifikan atau $\alpha = 0,05$.

Statistik uji:

$$F = \frac{\frac{SSR_0 - SSR_1}{p}}{\frac{SSR_1}{T-2p-1}} \quad (2.9)$$

dengan

$$SSR_0 = \sum_{t=p+1}^T (e_t^2 - \omega)^2 \quad (2.10)$$

$$\omega = \frac{\sum_{t=1}^T e_t^2}{T} \quad (2.11)$$

$$SSR_1 = \sum_{t=p+1}^T w_t^2 \quad (2.12)$$

ω = rata-rata sampel dari e_t^2

w_t^2 = residual kuadrat terkecil

Kriteria keputusan:

$$H_0 \text{ ditolak jika } F > \chi_p^2(\alpha) \text{ atau prob} < \alpha$$

1.11 Model Generalized Autoregressive Conditional Heterokedasticity (GARCH)

Analisis model yang mengatasi adanya masalah heterokedastisitas pertama kali muncul model ARCH dikenalkan oleh Engle (1982) dan pada tahun 1986, dan Bollorsey memperkenalkan model GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) yang merupakan perluasan dari model ARCH. GARCH merupakan salah satu pendekatan untuk memodelkan runtun waktu dengan kondisi error bervariasi menurut waktu (heterkedastisitas). GARCH dianggap memberikan hasil yang lebih sederhana karena menggunakan lebih sedikit parameter sehingga mengurangi tingkat kesalahan dalam perhitungan. Konsep dasar dari GARCH adalah varians tidak hanya dipengaruhi oleh residual yang lampau tetapi juga oleh lag varians kondisional itu sendiri.

Dengan demikian varians kondisional pada model GARCH terdiri atas dua komponen, yakni komponen lampau dari residual kuadrat (dinotasikan dengan derajat p) dan komponen lampau dari varians kondisional (dinotasikan dengan derajat q), dalam bentuk matematis

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (2.13)$$

Jika $q = 0$ maka diperoleh model ARCH Engle, sementara jika $p = q = 0$, dimiliki proses white noise dengan varian ω . Disini terlihat bahwa meskipun proses q_t bersifat tidak berkorelasi namun proses ini tidak bersifat independen.

Dalam model GARCH (p, q) proses u_t dapat didefinisikan dengan menggunakan persamaan

$$u_t = \sigma_t v_t \quad (2.14)$$

dimana σ_t adalah akar dari σ_t^2 dan v_t adalah proses i.i.d (independent and identically distributed), seringkali diasumsikan berdistribusi normal standar $N(0,1)$.

Koefisien-koefisien dari model GARCH (p,q) bersifat sebagai berikut.

$$\omega > 0 \quad (2.15)$$

$$\alpha_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, p \quad (2.16)$$

$$\beta_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, p \quad (2.17)$$

$$\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j < 1 \quad (2.18)$$

Kondisi (2.18) diperlukan agar model bersifat stasioner, sedangkan (2.15), (2.16), dan (2.17) diperlukan agar $\sigma_t^2 > 0$ (Rosadi, 2012)

1.12 Metode Maximum Likelihood atau Uji Likelihood Ratio

Metode *Maximum* atau Uji *Likelihood Ratio* adalah uji *likelihood Ratio* (LR) berdasarkan metode maximum likelihood (ML). Misalnya diasumsikan model regresi

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + e_t \quad (2.19)$$

Apabila variabel X_2 merupakan variabel independen yang tidak penting atau dengan kata lain membuat hipotesis nol $\beta_2 = 0$ bahwa sehingga modelnya sebagai berikut

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + e_t \quad (2.20)$$

Tujuan menggunakan *maximum likelihood* sebagaimana rumusnya untuk mengatasi parameter agar probabilitas dari nilai Y setinggi mungkin. Untuk mengasumsikan fungsi tersebut dilakukan dengan cara melakukan diferensi. Nilai *log likelihood* dapat diestimasi dengan rumus sebagai berikut

$$\log likelihood = \frac{AIC-2k}{-2} \quad (2.21)$$

dengan,

k = banyaknya parameter dalam model

Sehingga model yang baik adalah model yang memiliki nilai estimasi *log likelihood* terbesar. Uji *likelihood* mengikuti distribusi *Chi Squares* (χ^2) dengan *degree of freedom* (df) sebesar jumlah variabel yang dihilangkan. Jika nilai hitung statistik χ^2 lebih besar dari nilai kritisnya maka menolak hipotesis nol dan menolak menghilangkan variabel χ^2 di dalam model. Sehingga model persamaan () adalah model yang tepat. Sebaliknya bila nilai hitung statistik χ^2 lebih kecil dari nilai kritisnya maka menerima hipotesis nol yang berarti penghilangan variabel χ^2 dibenarkan. Maka model yang tepat adalah persamaan (2.21).

1.13 Kriteria Akaike dan Schwarz

Kriteria Akaike dan Schwarz (AIC dan SIC) dalam pemilihan model juga dapat dilakukan dengan menggunakan *akaike information criterion* (AIC) dan *schwarz information criterion* (SIC).

$$AIC = e^{2\frac{k}{n}\frac{\sum u_i^2}{n}} = e^{2\frac{k}{n}\frac{SSR}{n}} \quad (2.22)$$

$$SIC = e^{\frac{k}{n}\frac{\sum u_i^2}{n}} = e^{\frac{k}{n}\frac{SSR}{n}} \quad (2.23)$$

dimana:

e : 2,718

u : residual

k : jumlah variabel parameter estimasi

SSR : jumlah residual kuadrat (*sum of squared residual*)

n : jumlah observasi (sampel)

Model yang dipilih adalah model yang memiliki AIC, SSE, dan SBC terkecil.

1.14 Volatilitas

Volatilitas merupakan suatu ukuran yang menunjukkan seberapa besar harga dapat meningkat dalam suatu periode waktu tertentu. Menurut Lo MS dalam (Farizah, 2017) Data deret waktu pada analisis keuangan biasanya memiliki ragam pengembalian harga saham yang tidak konstan pada tiap titik waktunya. Perubahan pada dasar keuangan umumnya memiliki tiga karakteristik diantaranya sebagai berikut (1). Sebaran dari data deret waktu keuangan seperti pengembalian harga saham pada waktu ke- t (Z_t) yang memiliki suatu nilai yang lebih tinggi dibandingkan sebaran normal, (2). Nilai dari (Z_t) tidak memiliki autokorelasi yang tinggi, tetapi nilai dari (Z_t)² memiliki autokorelasi yang tinggi dan, (3). Perubahan pada nilai (Z_t) cenderung menyebar pada suatu titik.

1.15 Akurasi Peramalan

1.15.1 Mean Absolute Deviation (MAD)

Satu metode untuk mengetahui metode peramalan menggunakan jumlah dari kesalahan-kesalahan yang absolut. *The Mean Absolute Deviation* (MAD) mengukur ketepatan ramalan dengan merata-rata kesalahan dugaan (nilai absolut masing-masing kesalahan). MAD paling berguna ketika orang yang menganalisa ingin mengukur kesalahan ramalan dalam unit yang sama sebagai deret asli.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t| \quad (2.24)$$

1.15.2 Mean Square Error (MSE)

Metode lain untuk mengevaluasi metode peramalan. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah observasi. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan, Suatu teknik yang menghasilkan kesalahan moderat mungkin lebih baik untuk salah satu yang memiliki kesalahan kecil tapi kadang-kadang menghasilkan sesuatu yang besar.

Berikut ini rumus untuk menghitung MSE :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad (2.25)$$

Ada kalanya persamaan ini sangat berguna untuk menghitung kesalahan-kesalahan peramalan dalam bentuk presentase daripada jumlah.

1.15.3 Mean Percentage Error (MPE)

The Mean Percentage Error (MPE) digunakan dalam kasu ini. MPE dihitung dengan mencari kesalahan pada tiap periode dibagi nilai nyata untuk periode itu. Kemudian, merata-rata kesalahan persentase ini. Jika pendekatan peramalan tak bias, MPE akan menghasilkan angka yang mendekati nol. Jika hasilnya mempunyai persentase negatif yang besar, metode peramalannya dapat dihitung. Jika hasilnya mempunyai persentase positif yang besar, metode peramalan tidak dapat dihitung. MPE dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right) \quad (2.26)$$

Bagian dari keputusan untuk menggunakan teknik peramalan tertentu melibatkan penentuan apakah teknik ini akan menghasilkan kesalahan peramalan

yang dinilai cukup kecil. Metode khusus yang digunakan dalam peramalan meliputi perbandingan metode mana yang akan menghasilkan kesalahan-kesalahan ramalan yang cukup kecil. Metode ini baik untuk memprediksi metod peramalan sehingga menghasilkan kesalahan ramalan yang relatif kecil dalam dasar konsisten.

1.15.4 Root Mean Square Error (RMSE)

RMSE digunakan untuk membandingkan beberapa model estimasi dari sebuah realisasi runtun waktu yang sama. Akan lebih disukai model yang memiliki RMSE yang lebih rendah, karena model tersebut akan lebih cocok atau lebih mendekati data yang ada. Model dengan RMSE yang lebih kecil cenderung akan memiliki variansi galat ramalan yang lebih kecil. Rumus untuk menghitung RMSE sebagai berikut:

$$\frac{\sum \sqrt{(Z_t - \hat{Z}_t)^2}}{n} \quad (2.27)$$

1.16 Indeks Harga Konsumen

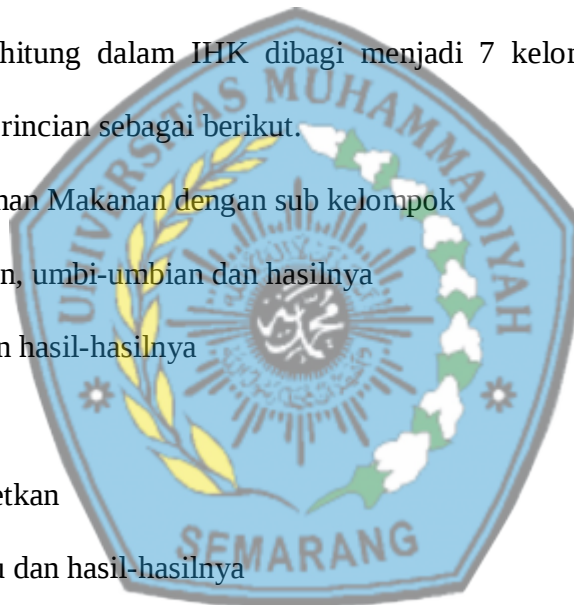
Indeks Harga Konsumen merupakan indikator statistik yang menggambarkan dinamika perubahan harga-harga komoditas tertentu yang paling banyak dikonsumsi masyarakat. Dalam penghitungannya IHK menggunakan suatu patokan tahun dasar agar Indeks pada tahun tertentu dapat dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Apabila tahun berbeda maka IHK tidak dapat dibandingkan. IHK yang berbeda tahun dasar baru dapat dibandingkan jika dilakukan penghitungan ulang menggunakan tahun dasar yang sama. Secara

umum, nilai IHK tiap bulan cenderung meningkat, peningkatan nilai IHK ini akan dapat digunakan untuk meramalkan nilai IHK pada periode berikutnya.

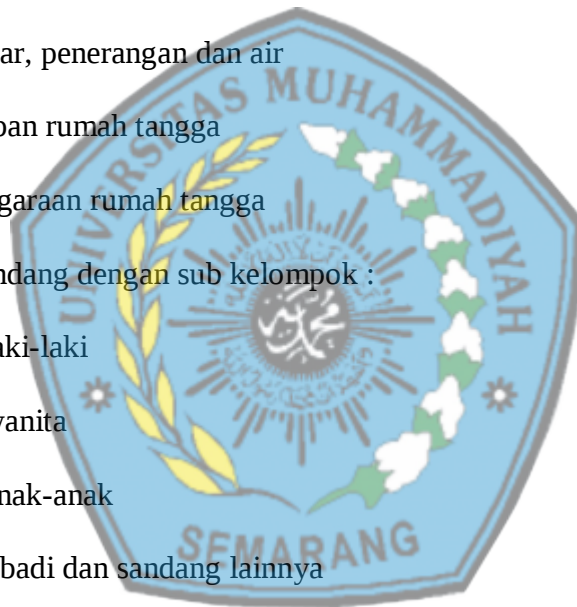
Perhitungan Indeks Harga konsumen di Indonesia adalah harga transaksi yang terjadi antara penjual (pedagang eceran) dan pembeli (konsumen) secara eceran dengan pembayaran tunai. Eceran yang dimaksud adalah membeli suatu barang atau jasa dengan menggunakan satuan terkecil untuk dipakai/dikonsumsi. Pedagang eceran adalah pihak atau seseorang yang menjual barang dan jasa kepada pembeli untuk dikonsumsi, bukan untuk diperdagangkan lagi. Paket komoditi yang dihitung dalam IHK dibagi menjadi 7 kelompok dan 35 sub kelompok dengan rincian sebagai berikut.

1. Kelompok Bahan Makanan dengan sub kelompok

- a. Padi-padian, umbi-umbian dan hasilnya
- b. Daging dan hasil-hasilnya
- c. Ikan segar
- d. Ikan diawetkan
- e. Telur, susu dan hasil-hasilnya
- f. Sayur-sayuran
- g. Kacang-kacangan
- h. Buah-buahan
- i. Bumbu-bumbuan
- j. Lemak dan minyak
- k. Bahan makanan lainnya



2. Kelompok Makanan Jadi, Minuman, Rokok dan Tembakau dengan sub kelompok
 - a. Makanan jadi
 - b. Minuman yang tidak beralkohol
 - c. Tembakau dan minuman yang beralkohol
3. Kelompok Perumahan, air, listrik , gas dan bahan bakar dengan sub kelompok :
 - a. Biaya tempat tinggal
 - b. Bahan bakar, penerangan dan air
 - c. Perlengkapan rumah tangga
 - d. Penyelenggaraan rumah tangga
4. Kelompok Sandang dengan sub kelompok :
 - a. Sandang laki-laki
 - b. Sandang wanita
 - c. Sandang anak-anak
 - d. Barang pribadi dan sandang lainnya



5. Kelompok Kesehatan dengan sub kelompok :
 - a. Jasa kesehatan
 - b. Obat-obatan
 - c. Jasa perawatan jasmani
 - d. Perawatan jasmani dan kosmetik
6. Kelompok Pendidikan, Rekreasi dan Olahraga dengan sub kelompok :
 - a. Jasa Pendidikan
 - b. Kursus-kursus/pelatihan
 - c. Perlengkapan/peralatan Pendidikan
 - d. Rekreasi
 - e. Olahraga
7. Kelompok Transport, Komunikasi dan Jasa Keuangan dengan sub kelompok :
 - a. Transport
 - b. Komunikasi dan pengiriman
 - c. Sarana dan penunjang transport
 - d. Jasa keuangan



Menurut (Laili, 2012) Indeks harga konsumen (*consumer price index*) adalah nomor indeks yang mengukur harga rata-rata dari barang dan jasa yang dikonsumsi oleh rumah tangga (*household*). indeks ini diperoleh dari hasil perbandingan nilai konsumsi pada bulan berjalan dengan nilai konsumsi dasar hasil SBH (Survei Biaya Hidup). Angka indeks ini nantinya yang merupakan dasar perhitungan inflasi. Formula indeks yang digunakan untuk menghitung IHK masing-masing kota adalah berdasarkan *Formula Laspeyres*.