BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Listrik

Listrik adalah rangkaian fenomena fisika yang berhubungan dengan kehadiran dan aliran muatan listrik. Listrik menimbulkan berbagai macam efek yang telah umum diketahui, seperti petir, listrik statis, induksi elektromagnetik dan arus listrik. Adanya listrik juga bisa menimbulkan dan menerima radiasi elektromagnetik seperti gelombang radio (Jones, D.A., 1991)

Ada banyak hal dan kata yang berkaitan dengan listrik itu sendiri. Hal-hal yang berkaitan dengan listrik yakni seperti, tegangan listrik, daya listrik, hambatan listrik, energi listrik, gaya listirk, medan listrik dan potensial listrik. Tegangan listrik merupakan sebuah dorongan yang ditimbulkan oleh sumber listrik. Satuan dari tegangan listrik adalah Ampere (A), daya listirk Adalah banyaknya jumlah tenaga listrik yang dibutuhkan per satuan waktu. Satuan daya listrik adalah Watt (W). Hambatan listrik merupakan sesuatu yang sifatnya menghambat aliran listrik. Satuan dari hambatan listrik adalah Ohm. Serta Energi listrik Adalah tenaga listrik yang digunakan pada waktu tertentu. Satuan dari energi listrik adalah Joule (J).

Membahas tentang listrik, maka terdapat jumlah pemakaian kWh yang digunakan oleh konsumen, dimana kWh merupakan alat yang digunakan oleh pihak PLN untuk menghitung besar pemakaian daya konsumen. Alat ini sangat umum dijumpai di masyarakat. Bagian utama dari sebuah kWh meter adalah kumparan tegangan, kumparan arus, piringan aluminium, magnet tetap yang tugasnya menetralkan piringan aluminium dari induksi medan magnet dan gear mekanik yang mencatat jumlah perputaran piringan aluminium. Alat ini bekerja menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakkan piringan yang terbuat dari aluminium. Putaran piringan tersebut akan menggerakkan *counter* digit sebagai tampilan jumlah kWh nya.

kWh Meter berarti Kilo Watt Hour Meter dan kalau diartikan menjadi n ribu *watt* dalam satu jamnya. Jika membeli sebuah kWh Meter maka akan tercantum X putaran per kWh, artinya untuk mencapai 1 kWh dibutuhkan putaran sebanyak x kali putaran dalam setiap jamnya. Contohnya jika 900 putaran per kWh maka harus ada 900 putaran setiap jamnya untuk dikatakan sebesar satu kWh. Jumlah kWh itu secara kumulatif dihitung dan pada akhir bulan dicatat oleh petugas besarnya pemakaian lalu dikalikan dengan tarif dasar listrik atau TDL ditambah dengan biaya abodemen dan pajak menghasilkan jumlah tagihan yang harus dibayarkan setiap bulannya.

2.2 Peramalan

Peramalan merupakan suatu teknik memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data saat ini. Peramalan merupakan bagian integral dalam pengambilan keputusan. Sebab efektif atau tidaknya suatu keputusan umumnya bergantung pada beberapa faktor yang tidak dapat dilihat pada waktu keputusan itu diambil (Aswi & Sukarna, 2006).

Peramalan *time series* merupakan merupakan metode kuantitatif untuk menganalisis data masa lampau yang telah dikumpulkan secara teratur menggunakan teknik yang tepat. Hasilnya dapat dijadikan acuan untuk peramalan nilai di masa yang akan datang (Makridakis, 1999). Langkah dalam metode peramalan secara umum adalah pengumpulan data, menyeleksi dan memilih data, memilih model peramalan, menerapkan model untuk peramalan, dan evaluasi hasil akhir.

Sering terdapat senjang waktu (*time lag*) antara kesadaran akan peristiwa. Adanya waktu tenggang (*lead time*) merupakan alasan utama bagi perencanaan dan peramalan. Dalam situasi ini, peramalan diperlukan untuk menetapkan kapan suatu peristiwa akan terjadi atau timbul, sehingga tindakan yang tepat dapat dilakukan. Kegunaan peramalan diantaranya yaitu:

a. Mengkaji kebijakan perusahaan yang berlaku saat ini dan di masa lalu, serta melihat sejauh mana pengaruhnya di masa yang akan datang.

b. Dengan adanya peramalan maka dapat dipersiapkan tindakan perusahaan untuk mengantisipasi keadaan dimasa datang sehingga resiko kegagalan bisa diminimalkan.

c. Peramalan merupakan dasar penyusunan rencana bisnis perusahaan, sehingga dapat meningkatkan efektivitas suatu rencana bisnis.

d. Peramalan juga digunakan dalam pembuatan keputusan, karena hasil peramalan merupakan informasi yang mendasari keputusan para manajer perusahaan dalam berbagai tingkatan manajemen perusahaan.

Jenis-jenis peramalan terbagi 3 kelompok, yaitu peramalan jangka pendek (*short term)*, peramalan jangka menengah (*medium term)*, dan peramalan jangka panjang (*long term)*. (Santoso, 2009).

2.3 Metode Box-Jenkins

Data berkala (*time series*) adalah data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu untuk memberikan gambaran tentang suatu kegiatan dari waktu ke waktu. Analisa deret berkala memungkinkan untuk mengetahui perkembangan suatu atau beberapa kejadian serta hubungan dengan kejadian lainnya.

Metode *time series* merupakan metode peramalan kuantitatif yang didasarkan atas penggunaan analisa pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu. Tujuan *time series* ini mencakup penelitian pola data yang digunakan untuk meramalkan apakah data tersebut stasioner atau tidak. Salah satu metode peramalan dalam *time series* adalah metode Box-Jenkins. Pengkaedahan prediksi dengan metode Box-Jenkins dibangung oleh G.E.P. Box dan G.M. Jenkins. Metode Box-Jenkins terdiri dari empat langkah dasar. Langkah pertama, langkah identifikasi model. Langkah ini dilakukan dengan menggunakan fungsi autokorelasi sampel dan fungsi autokorelasi sebagian sampel. Apabila sesuatu model telah ditetapkan secara kasar, kita mengestimasi parameter model dalam langkah kedua. Langkah kedua dinamai langkah pengestimasian. Langkah ketiga dinamai langkah pemeriksaan diagnostik. Langkah keempat dinamai langkah prediksi (Bowerman et all, 2005).

2.3.1 Identifikasi Model

Model Box-Jenkins klasik menggunakan *time series* yang *stationary*. Olehitu, untuk membuat model Box-Jenkins secara kasar, pertama harus menentukan apakah *time series* yang hendak diprediksi adalah *stationary* atau tidak *stationary*. Jika tidak *stationary*, kita perlu mengubah *time series* itu kepada *time series* yang *stationary* dengan melakukan differensing beberapa kali sampai *time series* tersebut adalah *stationary* (Vandaele, 1983).

1. Uji Stasioneritas Data

Menentukan kestasioneran data dapat dilakukan dengan melihat plot data aktual yaitu dengan menentukan kestasioneran data berdasarkan plot data aktual adalah dengan melihat apakah grafik data tersebut telah memiliki rata-rata dan varian yang konstan sepanjang waktu. Jika rata-rata dan variannya konstan sepanjang waktu maka dikatakan data tersebut cenderung stasioner. Selanjutnya melihat plot data ACF dan PACF yaitu kestasioneran data berdasarkan plot ACF dan PACF dapat dilihat pada lag-lagnya. Suatu data dapat dikatakan stasioner jika lag pada ACF dan PACF telah menurun secara drastis.

Apabila ditemukan data yang tidak stasioner, maka harus menstasionerkan data terlebih dahulu dengan proses *differencing*. Proses *differencing* dilakukan sampai data menjadi stasioner. *Differencing* pada data *time series* yang tidak stasioner menjadi data stasioner dibagi menjadi dua yaitu:

a. *Differencing* non musiman

Bentuk *differencing* non musiman berorde satu secara sistematis dapat ditulis:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} \tag{2.1}$$

Pada kasus tertentu biasanya *differencing* orde satu belum menghasilkan data yang stasioner sehingga dapat dilakukan *differencing* orde dua.

$$\Delta^2 Y_t = \Delta Y_t - \Delta Y_{t-1}$$

$$\Delta^2 Y_t = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2})$$

$$\Delta^2 Y_t = Y_t - 2Y_{t-1} - Y_{t-2} \tag{2.2}$$

b. *Differencing* musiman

Pengerjaan *differencing* musiman sama dengan *differencing* non musiman, yang membedakan hanya pada periode data sebelumnya. Bentuk *differencing* musiman orde satu dapat ditulis:

$$\nabla_s Y_t = Y_t - Y_{t-s} \quad (2.3)$$

Jika *differencing* musiman orde satu belum menghasilkan data yang stasioner maka dapat dilakukan *differencing* orde dua. Persamaan *differencing* musiman orde dua dapat ditulis:

$$\nabla_s^2 Y_t = \nabla_s Y_t - \nabla_s Y_{t-s}$$

$$\nabla_s^2 Y_t = (Y_t - Y_{t-s}) - (Y_{t-s} - Y_{t-s-s})$$

$$\nabla_s^2 Y_t = Y_t - 2Y_{t-s} + Y_{t-2s} \quad (2.4)$$

2. Model pada Metode Box-Jenkins

Model Box-Jenkins terdiri dari beberapa model yaitu *Autoregressive* (AR), *Moving Average* (MA), *Autoregressive Moving Average* (ARMA), *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA).

a. Model Autoregressive atau AR(p)

AR(p) adalah model linier yang paling dasar untuk proses yang stasioner. Model ini dapat diartikan sebagai proses hasil regresi dengan dirinya sendiri. Artinya, model ini menggambarkan bahwa variabel *dependent* dipengaruhi oleh variabel *dependent* itu sendiri. Secara umum, untuk proses AR orde ke – p adalah sebagai berikut :

$$X_t = \delta + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \cdots + \phi_p X_{t-p} + e_t \quad (2.5)$$

dimana,

X_t : Data pada periode $t, t = 1,2, \ldots, n$

X_{t-p} : Data pada periode $t - p, p = 1,2, \ldots, n$

δ : Nilai Konstan

ϕ_p : Parameter *Autoregressive* ke-$p, p = 1,2, \ldots, n$

e_t : Nilai kesalahan pada saat t

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

Bentuk umum model MA(q) adalah sebagai berikut :

$$X_t = \delta + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \cdots - \theta_q e_{t-q} \quad (2.6)$$

dimana,

X_t: Data pada periode $t, t = 1,2,\dots,n$

δ : Nilai Konstan

θ_q : Parameter *Moving Average* ke-$q, q = 1,2,\dots,n$

e_t : Nilai kesalahan pada saat t

e_{t-q} : Nilai kesalahan pada saat $t - q, q = 1,2,\dots,n$

c. Model Campuran atau ARMA(p,q)

Model ARMA merupakan gabungan antara AR(p) dengan MA(q), sehingga dinyatakan sebagai ARMA(p,q). Bentuk umumnya adalah sebagai berikut :

$$X_t = \delta + \phi_1 X_{t-1} + \cdots + \phi_p X_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \cdots - \theta_q e_{t-q} \quad (2.7)$$

dimana,

X_t : Data pada periode $t, t = 1,2,\dots,n$

X_{t-p} : Data pada periode $t - p, p = 1,2,\dots,n$

δ : Nilai Konstan

ϕ_p : Parameter Autoregressive ke$-p, p = 1,2,\dots,n$

θ_q : Parameter *Moving Average* ke-$q, q = 1,2,\dots,n$

e_t : Nilai kesalahan pada saat t

e_{t-i} : Nilai kesalahan pada saat $t - i, i = 1,2,\dots,n$

d. Model Autoregressive Integrated Moving Average atau ARIMA

1. ARIMA(p,d,q)

Apabila nonstasioner ditambahkan pada campuran proses ARMA maka model umum ARIMA(p,d,q) dinyatakan dalam:

$$\phi(B)\Delta^d X_t = \delta + \theta(B) e_t \quad (2.8)$$

Model di atas diberikan notasi yang merupakan bentuk sederhana penulisan model, dimana :

$\phi(B) \quad = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \cdots - \phi_p B^p$

$\Delta^d \quad = (1 - B)^d = differencing$ orde d

$\theta(B) \quad = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_q B^q$

Dari model umum SARIMA diatas, dapat dibentuk kedalam model matematis berikut:

$$X_t = \delta + (1 + \phi_1)X_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)X_{t-2} + \cdots + (\phi_p - \phi_{p-1})X_{t-p} - \phi_p X_{t-p-1} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \cdots - \theta_q e_{t-q}$$

dengan,

X_t : Data pada periode $t, t = 1,2, \dots, n$

δ : Konstanta

X_{t-p} : Data pada periode $t - p, p = 1,2, \dots, n$

ϕ_p : Parameter Autoregressive ke$-p, p = 1,2, \dots, n$

θ_q : Parameter *Moving Average* ke-$q, q = 1,2, \dots, n$

e_t : Nilai kesalahan pada saat t

e_{t-q} : Nilai kesalahan pada saat $t - q, q = 1,2, \dots, n$

2. SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)^S

Model ini merupakan model untuk data yang mengandung unsur musiman (*seasonal*). Model ini disebut juga dengan model SARIMA Box-Jenkins Musiman atau SARIMA(p,d,q) (P,D,Q)^S, yang mempunyai bentuk umum (Wei, 1989) :

$$\phi_p(B)\Phi_P(B)^S(1 - B)^d(1 - B^s)^D X_t = \delta + \theta_q(B)\Theta_Q(B)^S e_t \tag{2.9}$$

dengan,

p, d, q : Tingkat AR, *differencing* dan MA non musiman

P, D, Q : Tingkat AR, *differencing* dan MA musiman

$\phi_p(B)$: $1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \cdots - \phi_P B^P$

$\Phi_P(B)^S$: $1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^{2S} - \cdots - \phi_P B^{PS}$

$(1 - B)^d$: Tingkat *differencing* non musiman

$(1 - B^s)^D$: Tingkat *differencing* musiman

$\theta_q(B)$: $1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_q B^q$

$\Theta_q(B)$: $1 - \Theta_1 B - \Theta_2 B^{2S} - \cdots - \Theta_Q B^{QS}$

e_t : Nilai kesalahan pada saat t

δ : Konstanta

B	: Operator Mundur
X_t	: Data pada periode t

Contoh 2.1

Model SARIMA(0,1,1)(0,1,1)^{12}

Model ini merupakan kombinasi antara model MA(1) non musiman sekali *differencing* dengan model MA(1) musiman sekali *differencing*, dengan model matematisnya sebagai berikut:

$$(1-B)^1(1-B^{12})^1 Y_t = \theta_0 + \theta_1(B)\Theta_1(B)^{12} a_t \ , \qquad (2.10)$$

dengan

$$(1-B)Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

$$(1-B^{12})Y_t = Y_t - Y_{t-12}$$

$$\theta_1(B) = 1 - \theta_1 B$$

$$\Theta_1(B)^{12} = 1 - \Theta_1 B^{12}$$

Maka penurunan model SARIMA(0,1,1)(0,1,1)^{12} secara matematis adalah:

$$\begin{aligned}
(1-B)(1-B^{12})Y_t &= \theta_0 + \theta_1(B)\Theta_1(B)^{12} a_t \\
(1-B)(1-B^{12})Y_t &= \theta_0 + (1-\theta_1 B)(1-\Theta_1 B^{12}) a_t \\
(1-B-B^{12}+B^{13})Y_t &= \theta_0 + (1-\theta_1 B - \Theta_1 B^{12} + \theta_1\Theta_1 B^{13}) a_t \\
Y_t - BY_t - B^{12}Y_t + B^{13}Y_t &= \theta_0 + a_t - \theta_1 B a_t - \Theta_1 B^{12} a_t + \theta_1\Theta_1 B^{13} a_t \\
Y_t - Y_{t-1} - Y_{t-12} + Y_{t-13} &= \theta_0 + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \Theta_1 a_{t-12} + \theta_1\Theta_1 a_{t-13}
\end{aligned}$$

diperoleh:

$$Y_t = \theta_0 + Y_{t-1} + Y_{t-12} - Y_{t-13} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \Theta_1 a_{t-12} + \theta_1\Theta_1 a_{t-13} \qquad (2.11)$$

Model SARIMA musiman$(p,d,q)(P,D,Q)^s$ selanjutnya dapat diperoleh dengan mengikuti bentuk umum model musiman multiplikatif pada Persamaan (2.9).

2.3.2 Estimasi Parameter

Setelah memperoleh model sementara maka langkah selanjutnya adalah menaksir parameter model sementara tersebut menggunakan metode kuadrat terkecil. Konsep dasar pada metode kuadrat terkecil ini 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 (Sembiring, 1995):

$$\hat{y}_i = \alpha + \beta x_i, i = 1,2,\cdots,n \tag{2.12}$$

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

$$J = \sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2 \tag{2.13}$$

Misalkan pada model MA(1), maka $\hat{y}_i$ diganti dengan X_t, e_i dengan e_t, α dengan δ, βdengan θ_1, x_i dengan e_{t-1}. Maka persamaan jumlah kuadrat *error* nya menjadi:

$$J = \sum_{t=1}^{n} e_t^2 = \sum_{t=1}^{n} \left(X_t - \hat{X}_t\right)^2 \tag{2.14}$$

Setelah parameter diperoleh, langkah selanjutnya 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

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

2.3.3 Pemeriksaan Diagnostik

Untuk mengetahui apakah model yang diperoleh layak digunakan untuk tahap berikutnya atau tidak maka perlu dilakukan pemeriksaan diagnostik. Uji yang dapat digunakan untuk pemeriksaan diagnostik adalah uji independensi residual dan uji kenormalan residual.

a. Uji Independensi Residual

Uji ini dilakukan untuk mendeteksi independensi residual antar lag yang residual. Uji ini dilakukan dengan melihat pasangan ACF dan PACF residual yang dihasilkan model. Selain dengan menggunakan ACF dan PACF residual, independensi residual dapat juga dilihat pada kerandoman residual. Kerandoman residual diketahui dengan membandingkan nilai $P-value$ pada output proses *Ljung Box Pierce* dengan selang kepercayaan yang digunakan dalam uji hipotesis:

H_0 : Residual model mengikuti proses random

H_1 : Residual model tidak mengikuti proses random

Kriteria penerimaan H_0 yaitu jika $P-value$ > selang kepercayaan

b. Uji Asumsi Distribusi Normal

Uji asumsi ini bertujuan untuk mengetahui apakah data telah memenuhi asumsi kenormalan atau tidak. Salah satu cara yang digunakan adalah uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Hipotesis

$H_0 : x_i \approx N(\mu, \sigma^2)$: Data berdistribusi normal

$H_1 : x_i \not\approx N(\mu, \sigma^2)$: Data tidak berdistribusi normal

2. Statistik Uji, yaitu statistik uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan persamaan :

D = maksimum | Fo (X) – SN (X) | (2.15)

dengan,

Fo (X) : Frekuensi Kumulatif Relative Data

SN (X) : Frekuensi Kumulatif Teoritis Data

3. Daerah Kritik

H_0 ditolak jika $p-value < \alpha$ atau $D_{hitung} > D(\alpha, n)$, dengan n banyaknya pengamatan.

2.3.4 Peramalan

Setelah ketiga langkah-langkah di atas terlewati maka barulah dilakukan 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*

$$\hat{X}_2 = \phi_0 + \phi_1 X_1 \tag{2.16}$$

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

2. Peramalan data *testing*

$$\hat{X}_t = \phi_0 + \phi_1 \hat{x}_{t-1} \tag{2.17}$$

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

3. Peramalan untuk waktu yang akan datang digunakan data hasil peramalan pada data *testing*.

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*.

2.3.5 Ketepatan Model Peramalan

Dalam analisis data, biasanya dipilih model yang dapat mewakili data yang dianalisis, karenanya perlu dilihat kriteria dalam memilih model yang tepat. Ketepatan dipandang sebagai suatu kriteria penolakan untuk memilih suatu metode peramalan. Dalam banyak hal, kata “ketepatan (*accuracy*)” menunjukkan seberapa jauh model peramalan mampu mereproduksi data yang telah diketahui.

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) (Makridakis dkk, 1999). Kriteria MSE dirumuskan sebagai berikut :

$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N} \hat{\alpha}^2{}_t \tag{2.18}$$

dengan,

$\hat{\alpha}^2{}_t$: Taksiran residual/sisa pada peramalan

$\hat{\alpha}^2{}_t$: $(Z_t - \hat{Z})$

N : Banyaknya residual/sisa data

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