

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Sumber Data

Pada penelitian ini digunakan data sekunder berupa data inflasi dan data kurs rupiah terhadap dollar Amerika yang terjadi di Kota Bandung mulai bulan Oktober 2011 sampai bulan September 2022. Data inflasi diperoleh dari *website* resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bandung dan data kurs diperoleh dari *website* resmi Bank Indonesia (BI).

3.2 Variabel Penelitian

Terdapat dua variabel penelitian yang digunakan yaitu variabel *input* berupa data kurs dan variabel *output* berupa data inflasi. Kurs atau nilai tukar mata uang merupakan harga satu unit mata uang asing terhadap mata uang domestik atau sebaliknya. Sedangkan inflasi merupakan kenaikan harga barang dan jasa yang meningkat atau menurun secara umum dan terus-menerus dalam jangka waktu tertentu.

3.3 Pemodelan ARIMAX dengan Fungsi Transfer

Pemodelan ARIMAX merupakan perluasan dari model runtun waktu ARIMA dengan penambahan variabel eksogen. Pada penelitian ini proses pemodelannya menggunakan ARIMAX dengan fungsi transfer, sehingga dalam proses pemodelannya menggabungkan langkah pemodelan ARIMA dengan fungsi transfer. Langkah pemodelan ARIMAX dengan fungsi transfer terbagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut.

3.3.1 Uji Linearitas Data

Sebelum identifikasi model ARIMA, dilakukan pengujian linearitas terlebih dahulu agar mengetahui data berpola linier atau tidak.

3.3.2 Identifikasi Model ARIMA Deret *Input* dan Deret *Output*

Pada tahap ini dilakukan identifikasi kestasioneran deret *input* dan *output*. Dilakukan transformasi jika data belum stasioner dalam variansi, atau melakukan *differencing* jika data belum stasioner dalam rata-rata.

3.3.3 Prewhitening

Pada tahap ini dilakukan *prewhitening* pada deret *input* dengan menggunakan persamaan (2.20). Setelah itu dilakukan juga *prewhitening* terhadap deret *output* dengan menggunakan persamaan (2.21).

3.3.4 Fungsi Korelasi Silang Antara Deret *Input* dan Deret *Output* yang Telah *Diprewhitening*

Fungsi Fungsi korelasi silang merupakan fungsi yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antar dua variabel. Korelasi silang antara α_t dan β_t menentukan tingkat hubungan antar nilai α_t pada waktu t dengan nilai β_t pada waktu $t+k$. Perhitungan korelasi silang pada x_t terhadap y_t digunakan untuk mengetahui nilai b, r, s yang diidentifikasi dari plot korelasi silang.

3.3.5 Identifikasi Awal Model ARIMAX

Model fungsi transfer mempunyai tiga parameter utama yaitu b, r , dan s . Parameter b menyatakan keterlambatan sebesar b periode sebelum x mempengaruhi y yang ditulis x_{t-b} , r menyatakan tingkat fungsi $\delta(B)$, dan s menyatakan tingkat fungsi $\omega(B)$.

Penentuan nilai b, r , dan s berdasarkan pada *lag* dari grafik perhitungan korelasi silang. Nilai dari b, r , dan s tidak hanya terbatas pada 0, 1, dan 2 tetapi bisa lebih dari itu, namun pada praktiknya jarang sekali nilai yang melebihi 0, 1, dan 2. Oleh karena itu, terdapat model fungsi transfer yang sering digunakan yaitu dengan nilai $b = 2$, nilai r dan s antara 0, 1, atau 2. Berikut tabel yang menunjukkan model fungsi transfer yang sering digunakan (Montgomery dkk, 2015):

Tabel 3.1 Model fungsi transfer yang sering digunakan

$b r s$	Model Fungsi Transfer
2 0 0	$y_t = \omega_0 x_{t-2}$
2 0 1	$y_t = (\omega_0 - \omega_1 B) x_{t-2}$
2 0 2	$y_t = (\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2) x_{t-2}$
2 1 0	$y_t = \frac{\omega_0}{(1 - \delta_1 B)} x_{t-2}$
2 1 1	$y_t = \frac{(\omega_0 - \omega_1 B)}{(1 - \delta_1 B)} x_{t-2}$
2 1 2	$y_t = \frac{(\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2)}{(1 - \delta_1 B)} x_{t-2}$
2 2 0	$y_t = \frac{\omega_0}{(1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2)} x_{t-2}$

2 2 1	$y_t = \frac{(\omega_0 - \omega_1 B)}{(1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2)} x_{t-2}$
2 2 2	$y_t = \frac{(\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2)}{(1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2)} x_{t-2}$

3.3.6 Identifikasi Model Deret Gangguan (*Noise*)

Identifikasi awal model deret gangguan (*noise*) dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut ini:

$$y_t = \frac{\omega_s(B)}{\delta_r(B)} x_{t-b} + n_t \quad (3.1)$$

atau

$$n_t = y_t - \frac{\omega_s(B)}{\delta_r(B)} x_{t-b} \quad (3.2)$$

3.3.7 Identifikasi Model ARIMA (p_n, d, q_n) dari Deret Gangguan

Penetapan deret gangguan (p_n, q_n) dilakukan dengan menganalisa nilai-nilai n_t menggunakan ARIMA untuk menentukan model ARIMA yang tepat. Fungsi $\phi_m(B)$ dan $\theta_n(B)$ untuk deret gangguan n_t diperoleh dari perdamaan berikut:.

$$\phi_m(B)n_t = \theta_n(B)a_t \quad (3.3)$$

3.3.8 Pendugaan Akhir Parameter Model ARIMAX

Setelah melakukan identifikasi model fungsi transfer, maka selanjutnya yaitu melakukan penaksiran parameter-parameter pada model fungsi transfer. Model fungsi transfer sementara yang diperoleh pada persamaan (2.18), terdapat parameter-parameter yang harus diestimasi yaitu $\delta = (\delta_1, \dots, \delta_r)$; $\omega = (\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_s)$; $\phi = (\phi_1, \dots, \phi_p)$; $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_q)$, dan σ^2 . Persamaan (2.18) dapat dibentuk persamaan baru dengan mengalikan $\phi(B)\delta(B)$, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\phi(B)\delta(B)y_t = \phi(B)\omega(B)x_{t-b} + \delta(B)\theta(B)a_t \quad (3.4)$$

Atau

$$c(B)y_t = d(B)x_{t-b} + e(B)a_t \quad (3.5)$$

dengan:

$$\begin{aligned} c(B) &= \phi(B)\delta(B) \\ &= (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r) \\ &= 1 - c_1 B - c_2 B^2 - \dots - c_{p+r} B^{p+r} \\ d(B) &= \phi(B)\omega(B) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s) \\
&= d_0 - d_1 B - d_2 B^2 - \dots - d_{p+s} B^{p+s} \\
e(B) &= \delta(B)\theta(B) \\
&= (1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r)(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \\
&= 1 - e_1 B - e_2 B^2 - \dots - e_{r+q} B^{r+q}
\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh:

$$e(B)a_t = c(B)y_t - d(B)x_{t-b}$$

$$a_t = \frac{c(B)y_t - d(B)x_{t-b}}{e(B)}$$

$$\begin{aligned}
a_t &= y_t - c_1 y_{t-1} - \dots - c_{p+r} y_{t-p-r} - d_0 x_{t-b} + d_1 x_{t-b-1} + d_2 x_{t-b-2} + \dots + \\
& d_{p+s} x_{t-b-p-s} + e_1 a_{t-1} + e_2 a_{t-2} + \dots + e_{r+q} a_{t-r-q}
\end{aligned} \quad (3.6)$$

di mana c_i , d_j dan e_k yaitu fungsi transfer dari δ_i , ω_j , ϕ_k dan θ_k . Dengan diasumsikan bahwa a_t sebgiaan deret *white noise* yang berdistribusi normal $N(0, \sigma_a^2)$, berikut merupakan fungsi *likelihood*: (Maulana, 2022)

$$L(\delta, \omega, \phi, \theta, \sigma_a^2 | b, x, y, x_0, y_0, a_t) = (2\pi\sigma_a^2)^{-\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_a^2} \sum_{t=1}^n \alpha_t^2\right) \quad (3.7)$$

di mana x_0, y_0, a_t merupakan nilai-nilai awal untuk menghitung α_t .

Makridakis dkk (1999) mengutarakan bahwa tahap penaksiran parameter melibatkan sejumlah besar perhitungan, sehingga hal tersebut biasanya dilakukan menggunakan bantuan *software*.

3.3.9 Uji Diagnostik

Langkah berikutnya yaitu dilakukan pengujian kecocokan model sebelum digunakan untuk peramalan. Bertujuan untuk menguji apakah asumsi bahwa a_t *white noise* dan bebas terhadap deret *input* x_t , serta bebas terhadap deret *inout* yang telah *diprewhitening* (α_t).

1) Pengujian Korelasi Silang

Proses perkiraan bobot fungsi transfer terdapat asumsi bahwa deret *input* yang telah *diprewhitening* (α_t) adalah bebas dari komponen *noise* (α_t) (Makridakis dkk, 1994). Sebuah model fungsi transfer dikatakan layak jika koefisien korelasi silang antara a_t dengan α_t tidak menunjukkan pola tertentu dan berada diantara dua kesalahan standar $2(n-k)^{-\frac{1}{2}}$ (Wei, 1994)

- Perumusan Hipotesis

H_0 : Korelasi silang antara model *noise* dengan deret *input* tidak signifikan

H_1 : Korelasi silang antara model *noise* dengan deret *input* signifikan

- Statistik Uji

$$Q = m(m + 2) \sum_{k=0}^K \frac{r_{\alpha_t, \alpha_t}^2(k)}{m-k} \quad (3.8)$$

di mana:

$$m = n - t_0 + 1$$

$$t_0 = \max\{p + r + 1, b + p + s + 1\}$$

n : banyaknya pengamatan

K : *lag* maksimum

$r_{\alpha_t \alpha_t}(k)$: koefisien korelasi silang antara deret α_t dan α_t pada *lag* k

- Kriteria Pengujian

Statistik Q menyebar mengikuti sebaran *chi-square* dengan derajat kebebasan $(K + 1 - r - s)$. H_0 diterima jika $Q < \chi^2_{(K+1-r-s)}$ berarti model fungsi transfer sudah layak.

2) Pengujian Autokorelasi

Sebuah model dikatakan layak jika koefisien FAK dan FAKP dari residual seharusnya tidak menunjukkan suatu pola tertentu (Wei, 1994). Pengujian autokorelasi ini menggunakan statistik uji Q sebagai berikut:

- Perumusan Hipotesis

H_0 : Autokorelasi pada residual tidak signifikan

H_1 : Autokorelasi pada residual signifikan

- Statistik Uji

$$Q = m(m + 2) \sum_{k=1}^K \frac{r_k^2}{m-k} \quad (3.9)$$

di mana:

$$m = n - t_0 + 1$$

$$t_0 = \max\{p + r + 1, p + s + 1\}$$

m : jumlah parameter yang diduga pada model

n : banyaknya pengamatan

K : *lag* maksimum

r_k : koefisien autokorelasi a_t pada *lag* k

- Kriteria Pengujian

Statistik Q menyebar mengikuti sebaran *chi-square* dengan derajat kebebasan $(K - p - q)$, dimana (p, q) merupakan parameter model *noise*. H_0 diterima jika $Q < \chi^2_{(K-p-q)}$ berarti bahwa model fungsi transfer sudah layak

3.4 Pemodelan RBFNN

Pada tahap ini dilakukan pemodelan RBFNN dengan meramalkan kembali dari model ARIMAX dengan menggunakan model RBFNN. Langkah pemodelan *hybrid* terdiri dari penentuan data *input* yang akan digunakan, *training* data, dan *testing* data.

3.4.1 Penentuan Data Input

Langkah pertama sebelum melakukan *training* dan *testing* pemodelan metode RBFNN yaitu menentukan *input* yang dibutuhkan. *Input* yang dibutuhkan yaitu data *input* untuk proses *training* berupa banyaknya *neuron* untuk lapisan tersembunyi yang diperoleh menggunakan algoritma *k-means*, vektor target, dan *learning rate*. Sedangkan data *input* untuk proses *testing* data menggunakan data residual hasil pemodelan ARIMAX.

3.4.2 Training Data

Setelah menentukan data *input*, dilakukan proses *training* data dengan melakukan perhitungan bobot (w) antara lapisan *input* ke lapisan tersembunyi menggunakan algoritma *Self Organizing Mapping* (SOM).

3.4.3 Testing Data

Pada proses *training* data diperoleh parameter, kemudian dilakukan *testing* data dengan memasukan *input* berupa sisaan model ARIMAX menggunakan bobot dan lebar unit tersembunyi yang baru.

3.5 Model ARIMAX-RBFNN

Model *hybrid* merupakan suatu metode gabungan dari satu atau lebih model dalam satu sistem. Menurut Zhang, model gabungan tersebut dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

$$Z_t = L_t + N_t \quad (3.10)$$

di mana:

L_t : komponen linier

N_t : komponen tidak linier.

Untuk mengestimasi model *hybrid* dilakukan dengan memodelkan komponen linear sehingga *residual* dari model linear hanya akan mengandung hubungan tidak linier. Dengan a_t adalah *residual* pada waktu ke- t dari model linier, maka secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$a_t = Z_t - \hat{L}_t \quad (3.11)$$

di mana:

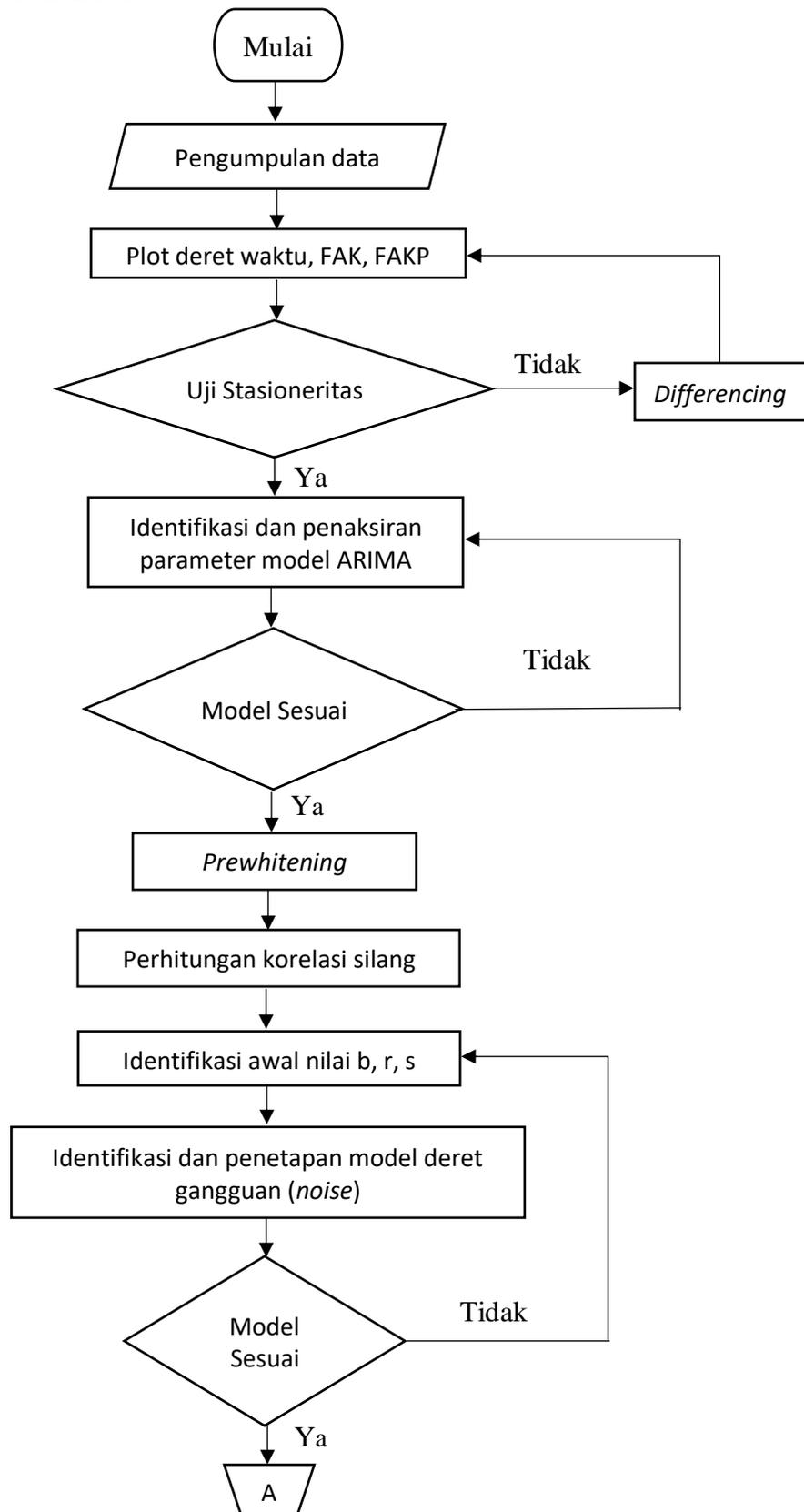
\hat{L}_t : nilai peramalan model linier pada periode ke- t

Z_t : nilai aktual pada waktu ke- t .

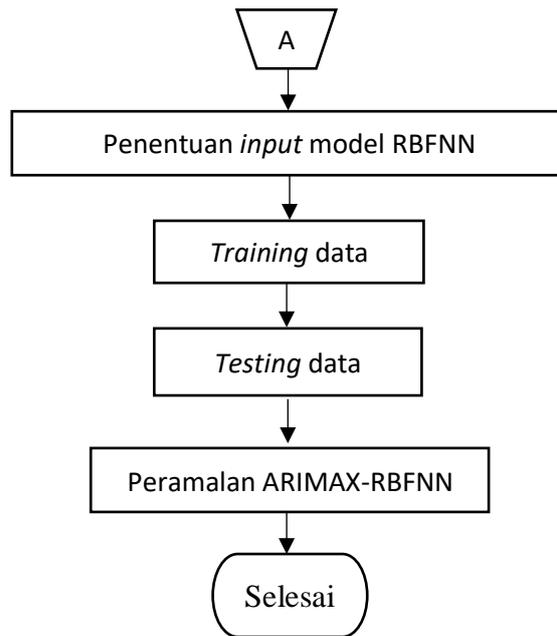
Setelah diperoleh model ARIMAX, selanjutnya memodelkan residual dari ARIMAX dengan menggunakan RBFNN. Hasil ramalan dari metode RBFNN dikombinasikan dengan hasil ramalan ARIMAX. Hasil peramalan dari model *hybrid* ARIMAX-RBFNN yaitu:

$$Z_t = \hat{L}_t + N_t \quad (3.12)$$

3.6 Alur Penelitian



Gambar 3. 1 *Flow Chart* Alur Penelitian



Gambar 3. 2 Lanjutan Flow Chart Alur Penelitian