

Model ARIMA dan SARIMA Box-Jenkins

Metodologi 3-Tahap, Musiman Ganda, dan Diagnostik Residu Sistem Tenaga

Ir. Novalio Daratha, S.T., M.Sc., Ph.D.

Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik
Universitas Bengkulu

Minggu 5 / Semester Ganjil 2026

Agenda Perkuliahan Minggu ke-5

Capaian Pembelajaran (Sub-CPMK 5)

Mahasiswa mampu merancang model ARIMA non-musiman dan SARIMA musiman menggunakan metodologi Box-Jenkins secara komprehensif, mengestimasi parameter, serta melakukan uji diagnostik residual Ljung-Box.

- 1 **Formulasi ARIMA(p, d, q)**
- 2 **Ekstensi Musiman: SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s**
- 3 **Metodologi 3-Tahap Box-Jenkins**
- 4 **Uji Diagnostik Residu (Ljung-Box Test)**
- 5 **Implementasi Python: Peramalan 168 Jam**
- 6 **Evaluasi Akurasi & Interval Prediksi**

Formulasi Umum ARIMA(p, d, q)

Menggabungkan diferensiasi ordo- d dengan model ARMA(p, q):

Persamaan ARIMA(p, d, q)

$$\phi_p(B)(1 - B)^d y_t = c + \theta_q(B)\epsilon_t \quad (1)$$

di mana $(1 - B)^d y_t = w_t$ adalah data deret waktu yang telah stasioner.

Contoh Populer:

- **ARIMA(0,1,0):** *Random Walk Model*
($y_t = y_{t-1} + \epsilon_t$).
- **ARIMA(1,1,0):** Diferensiasi ordo-1 dengan korelasi AR
($y_t - y_{t-1} = \phi_1(y_{t-1} - y_{t-2}) + \epsilon_t$).

Penentuan Ordo:

- d : Jumlah diferensiasi agar ADF menolak H_0 .
- p, q : Dari correlogram ACF & PACF w_t .

Model Musiman SARIMA(p, d, q)(P, D, Q) $_s$

Untuk menangkap ketergantungan musiman berulang (misal periode harian $s = 24$ jam):

Persamaan Multiplikatif SARIMA

$$\Phi_P(B^s)\phi_p(B)(1-B)^d(1-B^s)^D y_t = \Theta_Q(B^s)\theta_q(B)\epsilon_t \quad (2)$$

Komponen Reguler (p, d, q): Memodelkan dinamika hubungan antar-jam terdekat ($t-1, t-2$).

Komponen Musiman (P, D, Q) $_s$: Memodelkan hubungan dengan jam yang sama di hari sebelumnya ($t-24, t-48$).

Model Standar Beban Listrik (Airline Model Variant)

SARIMA(0, 1, 1)(0, 1, 1) $_{24}$: $(1-B)(1-B^{24})y_t = (1+\theta_1 B)(1+\Theta_1 B^{24})\epsilon_t$.

3 Tahapan Metodologi Box-Jenkins

1. Identifikasi

- Plot deret waktu & uji stasioneritas.
- Tentukan diferensiasi d dan D .
- Identifikasi kandidat p, q (lag awal) dan P, Q (lag kelipatan musiman s) dari plot ACF/PACF.

2. Estimasi

- Estimasi parameter menggunakan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE).
- Seleksi model terbaik berdasarkan nilai **AIC/BIC** terendah.

3. Diagnostik

- Uji Ljung-Box pada residual $\hat{\epsilon}_t$.
- Periksa apakah residual independen (*White Noise*) dan berdistribusi normal.

Implementasi Python: Auto-ARIMA / SARIMA

```
import pmdarima as pm
import pandas as pd

# Load data beban per-jam
df = pd.read_csv('grid_hourly.csv', parse_dates=['timestamp'], index_col='timestamp')
train, test = df['load'][:-168], df['load'][-168:]

# Pencarian ordo otomatis (Auto-ARIMA) dengan minimasi AIC
auto_model = pm.auto_arima(train, seasonal=True, m=24,
                           start_p=1, max_p=3, start_q=1, max_q=3,
                           start_P=0, max_P=2, start_Q=0, max_Q=2,
                           d=1, D=1, stepwise=True, trace=True)

print(auto_model.summary()) # Menampilkan ordo terpilih & uji Ljung-Box

# Peramalan 168 Jam (1 Minggu ke Depan)
forecast_mean, conf_int = auto_model.predict(n_periods=168, return_conf_int=True, alpha=0.05)
```

Rangkuman & Persiapan Minggu ke-6

Poin Kunci Minggu 5

- SARIMA merupakan model parametrik klasik paling komprehensif untuk data berulang musiman.
- Siklus Box-Jenkins menjamin model yang dibangun valid secara statistik dan residunya murni acak.
- Interval prediksi 95% memberikan batas toleransi risiko bagi operator sistem tenaga (*dispatch planner*).

Materi Minggu Depan (Minggu ke-6)

Model Eksogen & Multivariat (ARMAX, SARIMAX, dan VAR): Menghubungkan variabel beban dengan suhu cuaca luar dan menganalisis sistem multi-bus secara simultan.

Terima Kasih

Sesi Tanya Jawab & Diskusi Metodologi Box-Jenkins

Laboratorium Sistem Tenaga & Komputasi Cerdas
Jurusan Teknik Elektro – Universitas Bengkulu