PENGENDALIAN PEMAKAIAAN BAHAN BAKAR GAS PT INDONESIA POWER UPJP PRIOK MENGGUNAKAN PETA KENDALI ARMAST

MIFTAHUL JANNAH HB, HAZMIRA YOZZA*, FERRA YANUAR

*Jurusan Matematika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus UNAND Limau Manis Padang, Indonesia.
email : miftahuljnhb@gmail.com, izzatirahmihg@sci.unand.ac.id, ferrayanuar@sci.unand.ac.id*

Diterima 4 Agustus 2021 Direvisi 15 September 2021 Dipublikasikan 21 Oktober 2021

Abstrak. PT Indonesia Power UPJP Priok merupakan salah satu anak perusahaan PT PLN (Persero) yang bergerak pada sektor pembangkitan listrik. PT Indonesia Power UPJP Priok menggunakan bahan bakar gas Neraca Regas (NR) dan Perusahaan Gas Negara (PGN) untuk menjalankan generator yang akan menghasilkan listrik. Dalam proses pembangkitan dilakukan monitoring dan perencanaan terhadap pemakaian bahan bakar gas, agar menghasilkan energi listrik sesuai yang ditargetkan oleh perusahaan. Oleh karena itu perlu dilakukannya pengendalian terhadap pemakaian gas dengan menggunakan peta kendali. Pada penelitian ini menggunakan peta kendali ARMAST karena proses pemakaian gas di PT Indonesia Power UPJP Priok berlangsung setiap hari, sehingga data pemakaian bahan bakar gas termasuk jenis data runtun waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pemakaian bahan bakar gas PGN belum terkendali secara statistik, karena terdapat data yang berada diluar batas kendali.

Kata Kunci: Data Runtun Waktu, Pengendalian, Peta Kendali ARMAST

1. Pendahuluan

Listrik merupakan salah satu kebutuhan dasar bagi masyarakat saat ini. PT PLN (Persero) sebagai penyedia energi listrik harus mencukupi kebutuhan listrik masyarakat. Dalam penyediaannya, PT PLN (Persero) memiliki sektor pembangkit listrik sebagai sumber terbentuknya energi listrik salah satunya PT Indonesia Power UPJP Priok. PT Indonesia Power UPJP Priok menggunakan bahan bakar utama gas Neraca Regas (NR) dan Perusahaan Gas Negara (PGN) untuk menjalankan generator yang akan menghasilkan energi listrik. Pada saat proses pembangkitan dilakukan monitoring dan perencanaan untuk memperhatikan jumlah pemakaian gas agar pemakaian berada pada level tertentu. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk menjamin pemakaian gas dengan melakukan pengendalian kualitas.

*penulis korespondensi

Pengendalian kualitas statistik yang bisa digunakan yaitu peta kendali. Penggunaan peta kendali tergantung pada jenis data yang akan dikendalikan. Data pemakaian gas merupakan jenis data runtun waktu karena proses pemakaian gas di PT Indonesia Power UPJP Priok berlangsung setiap hari. Beberapa peneliti telah menerapkan penggunaan peta kendali diantaranya yaitu Istikhomah [1] yang membahas pengendalian kualitas karet menggunakan peta kendali P. Nelwati [4] meneliti penggunaan peta kendali *Exponentially Moving Average* (EWMA) pada data runtun waktu yaitu jumlah wisatawan yang berkunjung ke Sumatera Barat. Peta kendali lainnya untuk data runtun waktu yaitu Peta Kendali ARMAST. Dengan demikian penelitian ini bertujuan mengkonstruksi peta kendali ARMAST pada data pemakaian gas di PT Indonesia Power UPJP Priok.

2. Landasan Teori

2.1. Pengendalian Kualitas Statistik dengan Peta Kendali

Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk atau jasa yang mampu memenuhi dan memuaskan kebutuhan konsumen[2]. Karakteristik tersebut yang akan menjadi pertimbangan bagi konsumen dalam menilai kualitas dari produk atau jasa, setiap perusahaan harus menyadari kebutuhan dalam peningkatan kualitas. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian kualitas untuk memonitoring dan perencanaan terhadap produk dan proses dengan menggunakan metode statistik. Salah satu alat pengendalian kualitas statistik yaitu peta kendali.

Peta kendali digunakan untuk mendeteksi apakah suatu proses berada dalam batas pengendalian atau tidak, peta kendali tersebut berupa grafik pada diagram kartesius yang dilengkapi dengan tiga garis yaitu : garis pusat (*center line*) sebagai nilai tengah karakteristik kualitas dan dua garis lainnya sebagai batas kendali atas (*upper control limit*) dan batas kendali bawah (*lower control limit*).

Gambar 1: Ilustrasi peta kendali

Gambaran umum dari peta kendali dapat dilihat pada Gambar 1. Misalkan w merupakan karakteristik kualitas yang menjadi perhatian dengan nilai tengah dari w adalah μ_w dan standar deviasi dari w adalah σ_w , maka persamaan UCL, CL dan

LCL dituliskan sebagai berikut [2].

$$\begin{aligned} UCL &= \mu_w + L\sigma_w, \\ CL &= \mu_w, \\ LCL &= \mu_w - L\sigma_w, \end{aligned}$$

dimana L adalah jarak batas kendali dari garis tengah, umumnya bernilai 1, 2, dan 3, semakin besar nilai L menunjukkan semakin lebar batas suatu peta kendali.

2.2. Analisis Data Runtun Waktu

Data runtun waktu adalah serangkaian data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu secara berurutan dengan periode waktu berupa tahunan, bulanan, atau bahkan jam atau hari dalam beberapa kasus.

2.2.1. Kestasioneran

Data runtun waktu dikatakan stasioner jika nilai tengah dan variansnya konstan dari waktu ke waktu, maka $E(Z_t) = \mu_t = \mu$, $Var(Z_t) = E(Z_t - \mu)^2 = \sigma^2$ dimana μ dan σ^2 bebas terhadap t [5]. Jika data tidak stasioner terhadap nilai tengah maka dilakukan pembedaan (*differencing*) dengan menggunakan operator shift mundur (*backward shift*) yaitu $BZ_t = Z_{t-1}$ [3]. Secara umum untuk pembedaan orde d adalah $\nabla^d Z_t = (1 - B)^d Z_t$. Jika data tidak stasioner terhadap ragam maka dilakukan transformasi *Box-Cox* dengan menggunakan persamaan [3]

$$T(Z_t) = \begin{cases} \frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda} & \lambda \neq 0, \\ \ln Z_t & \lambda = 0 \end{cases},$$

Pemeriksaan kestasioneran dapat dilakukan dengan menggunakan Uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Hipotesis yang diuji adalah :

$H_0 : \delta = 0$ (data tidak stasioner)

$H_1 : \delta \neq 0$ (data stasioner)

Pengujian dilakukan dengan statistik uji

$$t = \frac{\hat{\delta}}{SE(\hat{\delta})}$$

Diambil keputusan tolak H_0 dengan taraf nyata $\alpha = 0.05$ jika $|t_{hitung}| \geq t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$ yang berarti data stasioner.

2.2.2. Autokorelasi

Autokorelasi adalah korelasi yang terjadi pada data yang sama antar waktu. Autokorelasi ini sering terjadi pada data runtun waktu.

- (1) **Fungsi Autokorelasi** merupakan suatu fungsi yang menunjukkan adanya hubungan atau korelasi pada data yang sama antar waktu. Persamaan autokorelasi antara Z_t dan Z_{t+k} sebagai [5]

$$\rho_k = \frac{Cov(Z_t, Z_{t+k})}{\sqrt{Var(Z_t)}\sqrt{Var(Z_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}$$

dengan $Cov(Z_t, Z_{t+k}) = E[(Z_t - \mu_t)(Z_{t+k} - \mu_{t+k})] = \gamma_{(|t-(t+k)|)}$

- (2) **Fungsi Autokorelasi Parsial** digunakan untuk mengukur tingkat keeratan antara Z_t dan Z_{t+k} , apabila pengaruh dari *time lag* $1, 2, 3, \dots, k-1$ dianggap terpisah. Nilai fungsi autokorelasi parsial pada lag- k adalah [5]

$$\phi_{kk} = \frac{\rho_k - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j} \rho_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j} \rho_j},$$

2.2.3. Proses White Noise

Suatu proses $\{a_t\}$ disebut proses *white noise* jika proses tersebut terdiri dari peubah acak yang berurutan tidak saling berkorelasi dengan $E(a_t) = \mu_a = 0$, $Var(a_t) = \sigma^2$ dan $\gamma_k = Cov(a_t, a_{t+k}) = 0$ untuk $k \neq 0$ [5].

Proses *white noise* dapat ditunjukkan dengan menggunakan Uji *Ljung-Box*. Hipotesis yang digunakan adalah :

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = 0$ (tidak terdapat korelasi pada residual)

$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \rho_k \neq 0 \text{ untuk } k = 1, 2, \dots, K$ (terdapat korelasi pada residual)

Pengujian dilakukan dengan statistik uji [3]

$$Q_K = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\rho_k^2}{n-k}$$

Diambil keputusan tolak H_0 dengan taraf nyata $\alpha = 0.05$ jika nilai $Q \geq X_{\alpha, k-p-q}^2$ atau $p\text{-value} < \alpha$ yang berarti terdapat korelasi antar *residual*.

2.2.4. Model Data Runtun Waktu

Model Autoregressive (AR)

Model *Autoregressive* (AR) adalah model stasioner dari data runtun waktu dimana nilai pengamatan waktu ke- t dipengaruhi oleh nilai pengamatan sebelumnya. Bentuk umum model AR dinyatakan sebagai [5]

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

Model Moving Average (MA)

Model *Moving Average* (MA) adalah model yang menunjukkan pengamatan pada waktu t . Bentuk umum model MA dinyatakan sebagai berikut [5]

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}. \quad (2.2)$$

Autoregressive Moving Average (ARMA)

Model ARMA merupakan campuran dari $AR(p)$ dan $MA(q)$. Bentuk umum model ARMA dinyatakan sebagai [5]

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \cdots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \cdots - \theta_q a_{t-q}. \quad (2.3)$$

Model ARIMA

Model ARIMA merupakan modifikasi dari model ARMA dengan penambahan parameter d yang merupakan jumlah proses *differencing* (pembedaan). Bentuk umum model ARIMA dapat ditulis sebagai berikut [5]

$$\phi(B)(1-B)^d Z_t = \theta(B)a_t,$$

dimana $(1-B)^d Z_t$ merupakan data runtun waktu yang stasioner pada pembedaan ke- d .

2.3. Identifikasi Model

Identifikasi model menggunakan plot ACF dan plot PACF. Plot ACF adalah plot yang digunakan untuk menentukan nilai orde q pada MA dan Plot PACF adalah plot yang digunakan untuk menentukan orde p pada AR.

Tabel 1: Identifikasi Model dengan ACF dan PACF

Model	ACF	PACF
$AR(p)$	Menurun secara cepat	Terpotong setelah <i>lag</i> ke- p
$MA(q)$	Terpotong setelah <i>lag</i> ke- q	Menurun secara cepat
$ARMA(p,q)$	Menurun secara cepat	Menurun secara cepat

2.4. Estimasi dan Pengujian Signifikan Parameter

Setelah dilakukan identifikasi model, menentukan nilai estimasi parameter dan dilakukan pengujian signifikan parameter.

Pengujian parameter θ_i pada model ARMA, dengan hipotesis yang digunakan adalah [3]

$H_0 : \theta_i = 0$ untuk $i = 1, \dots, q$ (parameter tidak signifikan)

$H_1 : \theta_i \neq 0$ untuk $i = 1, \dots, q$ (parameter signifikan)

Pengujian dilakukan dengan statistik uji sebagai berikut:

$$t = \frac{\hat{\theta}_i}{SE(\hat{\theta}_i)}$$

Diambil keputusan tolak H_0 dengan taraf nyata $\alpha = 0.05$ jika nilai $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-n_p}$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

Pengujian parameter ϕ_j pada model ARMA, dengan hipotesis yang digunakan adalah [3]

$H_0 : \phi_j = 0$ untuk $j = 1, \dots, p$ (parameter tidak signifikan)

$H_1 : \phi_j \neq 0$ untuk $j = 1, \dots, p$ (parameter signifikan)

Pengujian dilakukan dengan statistik uji sebagai berikut:

$$t = \frac{\hat{\phi}_j}{SE(\hat{\phi}_j)}$$

Diambil keputusan tolak H_0 dengan taraf nyata $\alpha = 0.05$ jika nilai $|t_{hitung}| > t_{\alpha, \frac{n-n_p}{2}}$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

2.5. Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik dapat dilakukan dengan membandingkan nilai *Akaike's Information Criterion* (AIC). Persamaan AIC adalah sebagai berikut[5]

$$AIC = \log \hat{\sigma} + \frac{n + 2k}{n}$$

3. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Bidang Niaga PT Indonesia Power UPJP Priok pada bulan Januari - Agustus 2020 sebanyak 182 data. Variabel yang terlibat adalah data pemakaian bahan bakar gas PGN di PT Indonesia Power yang diperoleh dari PT PGN.

Tahapan yang dilakukan untuk membentuk peta kendali ARMAST.

- (1) Membahas kembali pembentukan peta kendali ARMAST
- (2) Membentuk peta kendali ARMAST untuk pemakaian gas PGN di PT Indonesia Power dengan langkah-langkah berikut.
 - a. Menentukan model runtun waktu data pemakaian gas PGN di PT Indonesia Power dengan langkah-langkah berikut.
 1. Pemeriksaan kestasioneran data
 2. Mengidentifikasi model data runtun waktu
 3. Mengestimasi dan menguji signifikansi parameter.
 4. Pemeriksaan *white noise*
 5. Menentukan model terbaik
 - b. Menentukan peta kendali ARMAST dengan langkah-langkah
 1. Menghitung nilai mean dan variansi residual dari data.
 2. Menghitung UCL, CL, LCL, dan menggambarkan peta kendali.
 3. Plot data pada peta kendali
- (3) Interpretasi peta kendali yang dihasilkan.

4. Pembahasan

4.1. Peta Kendali ARMAST

Peta kendali ARMAST merupakan salah satu peta kendali yang digunakan untuk data runtun waktu stasioner yang dibuat berdasarkan pemantauan model ARMA

dari proses model ARMA pada data [6].

Bentuk pemantauan model *Autoregressive Moving Average* (ARMA) dapat dinyatakan sebagai [6]

$$X_t = \theta_0 Z_t + \alpha \sum_{k=1}^{t-1} \phi^{k-1} Z_{t-k}$$

dengan $\alpha = \phi\theta_0 - \theta$

Peta kendali ARMAST dibentuk berdasarkan data X_t yang sudah stasioner, maka $E(X_t) = \mu_X = \mu$. Dari hasil penelitian diperoleh varians X_t adalah

$$\sigma_X^2 = \left\{ \theta_0^2 + \frac{\alpha^2}{1 - \phi^2} + 2 \left(\theta_0 \alpha + \frac{\phi \alpha^2}{1 - \phi^2} \right) \sum_{k=1}^{\infty} \phi^{k-1} \rho_k \right\} \sigma_Z^2 \quad (4.1)$$

Bentuk model ARMA (1,1) untuk data menggunakan parameter u dan v dituliskan sebagai berikut

$$Z_t = u_1 Z_t + a_t - v_1 a_{t-1}.$$

Diperoleh varians X_t untuk ARMA(1,1)

$$\sigma_X^2 = \left\{ \theta_0^2 + \frac{\alpha^2}{1 - \phi^2} + 2 \left(\theta_0 \alpha + \frac{\phi \alpha^2}{1 - \phi^2} \right) \rho_1 \left(\frac{1}{1 - \phi u_1} \right) \right\} \sigma_Z^2 \quad (4.2)$$

sehingga batas-batas peta kendali ARMAST untuk ARMA(1,1) adalah

$$UCL = \mu_X + L \sqrt{\left\{ \theta_0^2 + \frac{\alpha^2}{1 - \phi^2} + 2 \left(\theta_0 \alpha + \frac{\phi \alpha^2}{1 - \phi^2} \right) \rho_1 \left(\frac{1}{1 - \phi u_1} \right) \right\} \sigma_Z^2} \quad (4.3)$$

$$CL = \mu_X \quad (4.4)$$

$$LCL = \mu_X - L \sqrt{\left\{ \theta_0^2 + \frac{\alpha^2}{1 - \phi^2} + 2 \left(\theta_0 \alpha + \frac{\phi \alpha^2}{1 - \phi^2} \right) \rho_1 \left(\frac{1}{1 - \phi u_1} \right) \right\} \sigma_Z^2} \quad (4.5)$$

4.2. Peta Kendali ARMAST Data Pemakaian Gas PGN

4.2.1. Pemodelan Data Pemakaian Gas PGN

Identifikasi kestasioneran data

Gambar 2: Grafik data

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa data gas PGN sudah stasioner terhadap nilai tengah dan varians karena titik-titik sampel data berada disekitaran rata-rata.

Model data pemakaian gas PGN

Plot ACF dan PACF menunjukkan bahwa signifikan pada *lag* 1 dan 2, maka diperoleh beberapa dugaan model yaitu ARMA(1,1), ARMA(1,2), ARMA(2,1), dan ARMA(2,2).

Gambar 3: Plot ACF dan PACF

Setelah diperoleh beberapa dugaan model, menentukan nilai parameter model dan AIC, lalu dilakukan pengujian signifikan parameter, serta uji *Ljung-Box* untuk memeriksa asumsi *white noise* pada masing-masing model.

Tabel 2: Kemungkinan model data gas PGN

Model	Parameter		Signifikansi	White Noise	AIC
ARMA(1,1)	ϕ_1	0.564148	✓	✓	21.58798
	θ_1	0.318844			
ARMA(1,2)	ϕ_1	0.413434	✓	✓	21.58817
	θ_1	0.478160			
	θ_2	0.192558			
ARMA(2,1)	ϕ_1	0.895268	X	✓	21.59018
	ϕ_2	-0.262528			
	θ_1	0.002440			
ARMA(2,2)	ϕ_1	0.656493	X	✓	21.59765
	ϕ_2	-0.162515			
	θ_1	0.237271			
	θ_2	0.143862			

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa model ARMA(1,1) memiliki parameter signifikan, memenuhi asumsi *white noise* dan memiliki nilai AIC terkecil. Oleh karena itu, pembentukan peta kendali ARMAST data gas PGN dilakukan menggunakan model ARMA(1,1).

4.2.2. Peta Kendali ARMAST

Peta kendali ARMAST untuk data gas PGN dengan model yang dipakai adalah ARMA(1,1). Data gas PGN memiliki nilai tengah $\mu = 79389.0509$ dan variansi

residual $\sigma_a = 287614358.676$. Dengan menggunakan Persamaan (4.3), (4.4), dan (4.5) diperoleh $UCL=120234.1354$, $CL=79389.0509$, dan $LCL=38543.966$.

Setelah diperoleh UCL, CL, dan LCL selanjutnya dibentuk peta kendali ARMAST

Gambar 4: Peta Kendali ARMAST

Gambar 4 menunjukkan bahwa terdapat data yang berada diluar batas kendali, hal tersebut berarti terdapat indikasi bahwa data pemakaian gas PGN oleh PT Indonesia Power pada periode Januari-Juni 2020 berada pada kondisi tidak terkendali secara statistik.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diambil kesimpulan bahwa peta kendali ARMAST untuk data pemakaian gas PGN di PT Indonesia Power UPJP Priok dibentuk berdasarkan model ARMA(1,1) yaitu

$$Z_t = \theta_0 a_t - \theta_1 a_{t-1} + \phi_1 Z_{t-1}$$

$$Z_t = \theta_0 a_t - 0.318844 a_{t-1} + 0.564148 Z_{t-1}$$

dengan batas-batas peta kendali ARMAST adalah

$$UCL = 120234.1354$$

$$CL = 79389.0509$$

$$LCL = 38543.966$$

Berdasarkan peta kendali yang terbentuk, disimpulkan bahwa pemakaian gas PGN di PT Indonesia Power pada periode bulan Januari-Juni 2020 berada pada kondisi tidak terkendali secara statistik dan tidak diketahui penyebab spesifik yang menjadi alasan data berada diluar batas kendali.

6. Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Izzati Rahmi HG, Ibu Des Welyyanti, dan Bapak Efendi yang telah memberikan masukan dan saran sehingga artikel ini

dapat diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Istikhomah. 2015. Aplikasi Peta Kendali P Sebagai Pengendalian Kualitas Karet di PTPN IX Batujamus/Kerjoarum. *Jurnal Agraris*. 1(1):12 – 23
- [2] Montgomery, C. Douglas. 2009. *Statistical Quality Control, 6th Edition*. Asia : John Wiley and Sons (Asia) Pte. Ltd
- [3] Montgomery, C. Douglas et.all. 2008. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. Canada : John Wiley and Sons, Inc
- [4] Nelwati. 2015. Peta Kendali *Exponentially Moving Average* (EWMA) untuk Jumlah Wisatawan yang Berkunjung ke Sumatera Barat. *Jurnal Matematika UNAND*. 4(4): 83 – 90
- [5] Wei, William, W.S. 2006. *Time series Analysis : Univariate and Multivariate Methods, 2nd Edition*. USA: Pearson Educations, Inc
- [6] W. Jiang, K.L. Tsui, and W.H. Woodall. 2000. *A new SPC monitoring method: The ARMA chart*. *Technometrics*. 42(4): 399 – 410