e-ISSN 2540-9840 p-ISSN 1412-3770
Accredited by Ministry of Education, Culture, Research and Technology No: 105/E/KPT/2022
Jurnal Ilmiah Sains, October 2026, 26(2): 163-175
DOI: https://doi.org/10.35799/jis.v26i2.58295
Available online at https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jis

Application of ARIMA Method in Predicting Volume of Clean Water Usage in Manado City

Christina Irwan[1)], Djoni Hatidja[1*)], Jantje D. Prang[1)], Nelson Nainggolan [1)]

[1)]**Departement of Mathematics, Sam Ratulangi University, Manado, Indonesia**
[*)]Corresponding author: dhatidja@unsrat.ac.id

Article History: Received September 25, 2024; Revised October 30, 2026; Accepted October 30, 2026; Available online October 31, 2026

ABSTRACT

This study aims to determine an Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) model and forecast the volume of clean water consumption in Manado City for the subsequent six months. The data used in this study were obtained from monthly clean water consumption statistics in Manado City, spanning from January 2016 to October 2023. A total of 94 data points were utilized: 86 were used for model development, while the final 8 were reserved for model testing and validation. The results indicate that ARIMA(2,2,1) is the optimal model for forecasting clean water consumption volume in Manado City. The ARIMA(2,2,1) model is expressed as: $Z_t = 0{,}919Z_{t-1} - 0{,}427Z_{t-2} + 0{,}508Z_{t-3} + \varepsilon_t - 0{,}974\varepsilon_{t-1}$. The six-month forecast-covering November 2023 to April 2024 projects water consumption volumes ranging from 365,840 to 377,962 m³, with the peak occurring in December 2023. The predictions suggest a downward trend in water consumption volume of 2.65% between November 2023 and April 2024. These findings demonstrate that the ARIMA(2,2,1) model has the potential to serve as a tool for estimating clean water demand, thereby supporting the planning of water supply and distribution by water utility providers in Manado City.

Keywords: Manado City; Wanua Wenang; water usage; prediction

Penerapan Metode ARIMA dalam Memprediksi Volume Pemakaian Air Bersih di Kota Manado

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menentukan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan memprediksi volume penggunaan air bersih di Kota Manado untuk 6 bulan selanjutnya. Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari statistik penggunaan air bersih bulanan di Kota Manado antara Januari 2016 dan Oktober 2023. Totalnya 94 data digunakan dalam penelitian ini, di antaranya 86 data digunakan dalam pembuatan model analisis, sementara 8 data terakhir digunakan dalam pengujian dan validasi model tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ARIMA(2,2,1) merupakan model terbaik untuk meramalkan volume pemakaian air bersih di Kota Manado. Model ARIMA(2,2,1), yaitu: $Z_t = 0{,}919Z_{t-1} - 0{,}427Z_{t-2} + 0{,}508Z_{t-3} + \varepsilon_t - 0{,}974\varepsilon_{t-1}$. Peramalan selama enam bulan, yaitu November 2023 hingga April 2024, menghasilkan volume pemakaian air berkisar antara 365.840–377.962 m³, dengan nilai tertinggi pada Desember 2023. Hasil prediksi menunjukkan kecenderungan penurunan volume pemakaian air sebesar 2,65% dari November 2023 hingga April 2024. Temuan ini menunjukkan bahwa model ARIMA(2,2,1) berpotensi digunakan sebagai alat bantu dalam memperkirakan kebutuhan air bersih dan

2026 @Author(s), Licence: CC BY-NC

mendukung perencanaan penyediaan serta distribusi air oleh pengelola layanan air minum di Kota Manado

Kata kunci: Kota Manado; Wanua Wenang; air bersih; prediksi

PENDAHULUAN

Di Kota Manado, pemakaian air bersih semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan industri dan populasi yang pesat. Pentingnya peran air bersih tidak hanya terbatas pada aspek kehidupan sehari-hari, melainkan juga menjadi elemen penting dalam berbagai sektor ekonomi, industri, bisnis, dan layanan publik semuanya membutuhkan akses yang andal dan memadai terhadap air bersih untuk menjaga produktivitas dan kualitas layanan yang diberikan. Oleh karena itu, peran Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Wanua Wenang Manado sebagai penyedia layanan air bersih menjadi semakin penting dalam konteks ini. Kesadaran akan pentingnya penggunaan air secara efisien dan berkelanjutan menjadi kunci dalam menjaga keseimbangan antara pertumbuhan kota dan keberlanjutan lingkungan.

Prediksi pemakaian air bersih sangat penting untuk menyusun strategi pengelolaan air yang responsif terhadap kebutuhan masyarakat Kota Manado. Dengan melihat proyeksi kebutuhan air di masa depan, PDAM Wanua Wenang Manado dapat merancang kebijakan yang dapat mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya air secara berkelanjutan. Langkah-langkah proaktif seperti ini tidak hanya memastikan ketersediaan air yang memadai, tetapi juga berpotensi mengurangi risiko kekurangan air di masa mendatang.

Sejumlah penelitian telah menerapkan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) untuk memprediksi pemakaian dan penyediaan air bersih di berbagai wilayah Indonesia. (Nurhidayat & Kurniawan, 2022) menggunakan data pemakaian air bersih PDAM Kabupaten Kediri periode September 2020 hingga Mei 2022 dan memperoleh ARIMA(5,1,0) sebagai model terbaik untuk memprediksi pemakaian air selama tujuh bulan berikutnya. Sementara itu, Erdin (2020) menggunakan data penggunaan air bersih di Kabupaten Gowa periode Januari 2014 hingga Desember 2018 dan memperoleh ARIMA(2,1,0) untuk menghasilkan prediksi selama 12 bulan. Rofik, (2017) melakukan penelitian pada PDAM Sumber Pocong Kabupaten Bangkalan menggunakan data Januari 2012 hingga Desember 2016 dan melaporkan peningkatan jumlah pelanggan sebesar 29% serta volume pemakaian air sebesar 42% selama periode pengamatan. Penelitian lainnya oleh Asfihani (2017) di Kota Surabaya membandingkan metode ARIMA dengan fungsi transfer menggunakan volume pemakaian air dan jumlah pelanggan pada beberapa kategori rumah tangga. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode dengan kinerja peramalan terbaik dapat berbeda menurut kelompok pelanggan yang dianalisis.

Penelitian-penelitian tersebut memiliki kesamaan dalam penggunaan data historis untuk memperkirakan pemakaian atau penyediaan air bersih, tetapi berbeda dalam periode pengamatan, variabel yang digunakan, pendekatan pemodelan, dan jangka waktu prediksi. Perbedaan model ARIMA yang diperoleh di Kediri dan Gowa menunjukkan bahwa orde model perlu ditentukan berdasarkan karakteristik deret waktu masing-masing wilayah. Selain itu, penelitian di Surabaya memperlihatkan bahwa penggunaan informasi jumlah pelanggan melalui pendekatan fungsi transfer dapat memberikan hasil yang berbeda dibandingkan penggunaan ARIMA. Meskipun penelitian terdahulu telah menunjukkan

penerapan metode deret waktu dalam peramalan air bersih, hasil-hasil tersebut belum secara langsung menjelaskan kesesuaian model ARIMA untuk data volume pemakaian air bersih di Kota Manado. Oleh karena itu, diperlukan analisis deret waktu berdasarkan data lokal untuk mengidentifikasi struktur model, menguji stasioneritas, mengevaluasi kinerja peramalan, dan menghasilkan prediksi yang sesuai dengan karakteristik pemakaian air di Kota Manado.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan model ARIMA yang sesuai serta memprediksi volume pemakaian air bersih di Kota Manado serta menghasilkan prediksi untuk enam bulan berikutnya. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi empiris mengenai penerapan ARIMA pada karakteristik pemakaian air bersih di Kota Manado dan menyediakan informasi kuantitatif yang dapat digunakan sebagai salah satu pertimbangan dalam perencanaan penyediaan dan distribusi air bersih.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari PDAM Wanua Wenang Manado, yang berlokasi di Jl. Yos Sudarso No. 65 Paal Dua, Kota Manado. Data yang diambil dalam penelitian ini berkaitan dengan data bulanan pemakaian air bersih Kota Manado selama periode dari bulan Januari 2016 hingga bulan Oktober 2023. Totalnya, terdapat 94 data yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dari 94 data tersebut, sebanyak 86 data akan digunakan dalam proses pembuatan model analisis, sementara 8 data terakhir akan dipisahkan dan digunakan secara khusus untuk validasi model. Penelitian dilaksanakan mulai bulan September 2023 sampai dengan bulan November 2023, mulai dari penyusunan proposal, pengambilan data, sampai dengan pengolahan data. Tempat penelitian yaitu di PDAM Wanua Wenang Manado. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data volume pemakaian air bersih yang dihasilkan oleh PDAM Wanua Wenang Manado dengan satuan (m^3) dimana struktur datanya dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Struktur Variabel Penelitian

t	Bulan	Z_t
1	Januari 2018	Z_1
2	Februari 2018	Z_2
3	Maret 2018	Z_3
⋮	⋮	⋮
92	Agustus 2023	Z_{92}
93	September 2023	Z_{93}
94	Oktober 2023	Z_{94}

Keterangan:

Z_t: volume pemakaian air bersih Kota Manado pada waktu ke-t.

Metode Analisis Data

Dalam penelitian ini, metode analisis data yang digunakan untuk memprediksi volume pemakaian air bersih di Kota Manado adalah dengan menggunakan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Persamaaan model ARIMA yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cryer & Chan (2008):

$$(Z_t - Z_{t-1}) - (Z_{t-1} - Z_{t-2}) - \cdots (Z_{t-(d-1)} - Z_{t-d}) = \mu + \phi_1(Z_{t-1} - Z_{t-2}) + \phi_2(Z_{t-2} - Z_{t-3}) + \ldots + \phi_p(Z_{t-p} - Z_{t-p-1}) + \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} - \theta_2\varepsilon_{t-2} - \ldots - \theta_q\varepsilon_{t-q} \quad (1)$$

Keterangan:

$Z_{t-(d-1)} - Z_{t-d}$	: *differencing* (pembedaan)
μ	: nilai konstanta
$\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p$	: koefisien parameter model *Autoregressive* (AR)
$\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q$	: koefisien aprilparameter model *Moving Average* (MA)
$Z_{t-1}, Z_{t-2}, \ldots, Z_{t-p}, Z_{t-p-1}$	: nilai variabel independent pada waktu sebelumnya
$\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \ldots, \varepsilon_{t-q}$	: nilai residual pada waktu sebelumnya
ε_t	: nilai residual pada waktu ke-t

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan berjumlah 94 data. Sebanyak 86 data awal digunakan untuk proses pembuatan model, sementara 8 data terakhir akan dipisahkan untuk tujuan validasi model.
2. Memasukan 86 data volume pemakaian air bersih periode bulan Januari 2016 sampai bulan Februari 2023 ke dalam *software* statistika.
3. Melakukan deskriptif data volume pemakaian air bersih periode bulan Januari 2016 sampai bulan Februari 2023.
4. Membuat plot *time series* dari data periode bulan Januari 2016 sampai bulan Februari 2023.Pemeriksaan kestasioneran data terhadap varian dan rataan (*mean*). Jika stasioneritas belum terpenuhi dalam varian maka dilakukan proses transformasi, persamaan umum dari Transformasi *Box-Cox* ialah (Wei, 2006) sebagai berikut:

$$T(Z_t) = \frac{Z_t^{\lambda} - 1}{\lambda}, \qquad \lambda \neq 0 \quad (2)$$

Keterangan:

$T(Z_t)$: hasil transformasi Box-Cox dari data

Z_t : nilai data asli yang akan ditransformasi pada waktu ke-t

λ : parameter transformasi

jika data belum stasioneritas dalam rataan, maka dilakukan proses pembedaan (*differencing*). *Differencing* orde d dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (Ekayanti *et al*., 2014):

$$W_t = Z_t - Z_{t-1} \quad (3)$$

Keterangan:

W_t : nilai setelah dilakukan *differencing;* Z_t : nilai observasi pada waktu ke-t;

Z_{t-1} : nilai observasi pada waktu ke-(t-1)

5. Membuat plot ACF (*Autocorrelation Funapriction*) dan PACF (*Partial Autocorrelation Function*) dari data yang sudah stasioner untuk melihat orde dan mengidentifikasi model. Melalui perhitungan ACF dan PACF, dapat ditentukan model ARIMA yang paling tepat untuk peramalan (Hadiansyah, 2020).
6. Mengidentifikasi model AR dan MA yang dihasilkan dari plot ACF dan plot PACF untuk kemudian dibuat sebagai model ARIMA sementara. Untuk mengidentifikasi model AR dapat dilihat dari plot PACF dan model MA dapat dilihat dari plot ACF (Ruslam, 2020).

7. Mengestimasi parameter setiap model ARIMA dengan menggunakan metode *maximum likelihood* untuk mencapai hasil yang paling akurat (Jannah & Fitri, 2019).
8. Menguji signifikansi parameter dari setiap model ARIMA. Kriteria uji signifikansi parameter model dapat dilihat pada Tabel 2 (Rofik, (2017); Mokorimban *et al.*, (2021)).

Tabel 2. Kriteria Uji Parameter Model AR dan MA

	Parameter AR	**Parameter MA**
Hipotesis	$H_0 : \hat{\phi} = 0$ (tidak signifikan) $H_1 : \hat{\phi} \neq 0$ (signifikan)	$H_0 : \hat{\theta} = 0$ (tidak signifikan) $H_1 : \hat{\theta} \neq 0$ (signifikan)
Statistik Uji	$t = \frac{\hat{\phi}}{SE(\hat{\phi})}$	$t = \frac{\hat{\theta}}{SE(\hat{\theta})}$

Keterangan:

t : statistik uji parameter AR dan MA; $\hat{\phi}$: nilai taksiran dari parameter ϕ; $\hat{\theta}$: nilai taksiran dari parameter θ; $SE(\hat{\phi})$: standar *error* dari nilai taksiran $\hat{\phi}$;

$SE(\hat{\theta})$: standar *error* dari nilai taksiran $\hat{\theta}$

9. Didapatkan beberapa model yang signifikan.
10. Melakukan uji diagnostik untuk model yang signifikan. Suatu model ARIMA dapat dikatakan layak digunakan apabila model tersebut menghasilkan residual yang memenuhi asumsi *white noise* dan normalitas residual (Mawaddah, 2023). Untuk menguji asumsi *white noise* maka digunakan statistik uji Ljung-Box (Panjaitan *et al*., 2018). Hipotesis:

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \cdots = \rho_k = 0$ (residual bersifat saling bebas)

$H_1 : minimal\ ada\ 1, \rho_k \neq 0; k = 1,2,..k$ (residual bersifat tidak saling bebas)

Statistik uji:

$$Q = n(n+2)\sum_{k=1}^{K}\frac{\hat{\rho}_k{}^2}{(n-k)} \quad (4)$$

Keterangan:

$\hat{\rho}_k{}^2$: taksiran autokorelasi pada lag ke-k; n: banyaknya pengamatan;

K: lag maksimum;

Untuk uji normalitas residual menggunakan statistik uji Kolmogorov-Smirnov (Rofik, 2017). Hipotesis untuk uji Kolmogorov Smirnov adalah sebagai berikut:

$H_0 : F(x) = F_0(x)$ (residual data berdistribusi normal)

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$ (residual data tidak berdistribusi normal)

Statistik uji:

$$D_{hit} = sup|S(x) - F_0(x)| \quad (5)$$

Keterangan:

$F(x)$: fungsi distribusi yang belum diketahui

$F_0(x)$: fungsi yang dihipotesiskan yaitu berdistribusi normal

$S(x)$: fungsi peluang kumulatif yang dihitung dari sampel

Jika model tidak memenuhi asumsi *white noise* dan normalitas residual maka model tersebut tidak bisa digunakan.

11. Model yang telah memenuhi asumsi *white noise* dan normalitas residual akan dilanjutkan dengan validasi menggunakan 8 data terakhir yang tidak dimasukkan dalam

proses pembuatan model. Rumus yang akan digunakan dalam melakukan validasi model:

$$V = \sum_{i=1}^{n} \left(Y_i - \hat{Y}_i\right)^2 \quad (6)$$

Keterangan:

V: validasi model

$\hat{Y}_i$: data hasil peramalan dari model yang didapat ke-i ($i = 1,2,3, \dots, n$)

Y_i: data aktual yang tidak digunakan dalam membuat model ke-i ($i = 1,2,3, \dots, n$)

12. Membandingkan nilai validasi (jumlah *error* kuadrat) dari semua model, dan akan dipilih satu model yang memiliki nilai validasi yang paling kecil.
13. Menentukan persamaan model ARIMA.
14. Mengecek ketepatan model ARIMA berdasarkan nilai MAPE, dimana perhitungan MAPE dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Kurnia, 2022):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \times 100 \quad (7)$$

Keterangan:

X_t: nilai actual; F_t: nilai ramalan; n: banyaknya data pengamatan

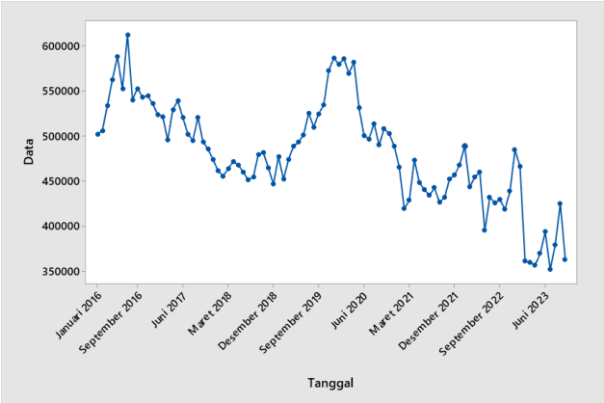
15. Melakukan peramalan untuk periode selanjutnya dengan menggunakan model ARIMA.
16. Membuat kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data Pemakaian Air di Kota Manado

Setelah dilakukan analisis deskriptif terhadap data volume pemakaian air bersih di Kota Manado, didapatkan nilai minimum dari volume pemakaian air bersih di Kota Manado terjadi pada bulan juli 2023 sebesar 351.762 m^3. Sedangkan nilai maksimum dari volume pemakaian air bersih di Kota Manado terjadi pada bulan Juli 2016 sebesar 612.281 m^3. Didapat juga nilai rata-rata dari volume pemakaian air bersih di Kota Manado sebesar 480.808 m^3.

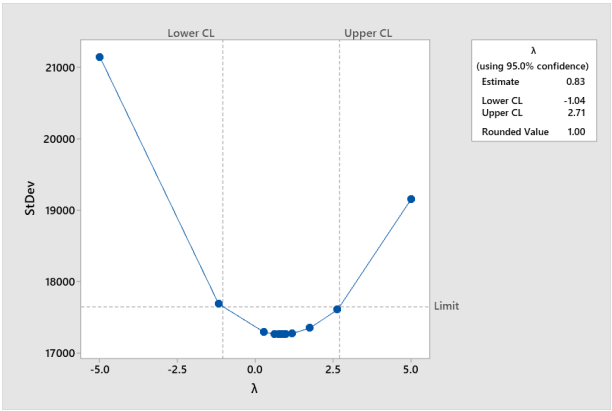
Berdasarkan analisis plot pada Gambar 1, terlihat bahwa Kota Manado menghadapi penurunan signifikan dalam pemakaian air bersih. Penurunan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk jumlah pelanggan yang menurun, yang secara langsung mempengaruhi permintaan air bersih. Perubahan perilaku konsumen, baik dalam pengelolaan maupun penggunaan air, juga dapat berdampak pada volume pemakaian secara keseluruhan. Selain itu, kondisi cuaca ekstrem seperti kekeringan atau curah hujan tidak teratur juga berkontribusi pada pemakaian air bersih di Kota Manado.



Gambar 1. Plot 94 Data Volume Pemakaian Air Bersih di Kota Manado

Stasioneritas Data

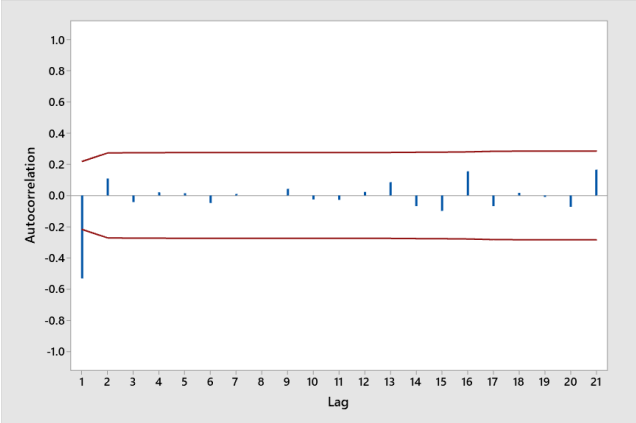
Stasioneritas Data dalam Varian



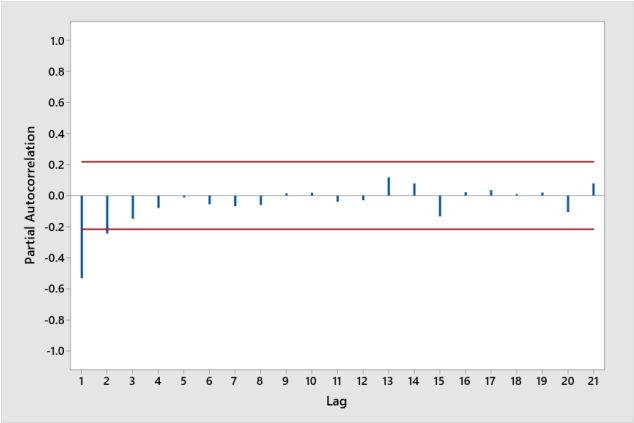
Gambar 2. Plot Box-Cox Volume Pemakaian Air Bersih di Kota Manado

Pada Gambar 2, nilai *rounded value* yang dihasilkan sebesar 1,00 menunjukkan bahwa data telah mencapai stasioneritas dalam variannya. Oleh karena itu, tidak diperlukan adanya transformasi lebih lanjut terhadap data dan dapat dilanjutkan untuk mengidentifikasi kestasioneran data terhadap nilai rata-ratanya.

Stasioneritas Data dalam Rata-rata



Gambar 3. Plot ACF Data Setelah *Differencing* Kedua



Gambar 4. Plot PACF Data Setelah *Differencing* Kedua

Pada Gambar 3 dan Gambar 4 merupakan plot ACF dan PACF *differencing* kedua. Pada Gambar 3, terlihat bahwa hanya 1 lag ACF yang keluar dari garis signifikan. Sedangkan pada Gambar 4 terlihat bahwa 2 lag PACF yang keluar dari garis signifikan. Berdasarkan dari hasil uji ADF diperoleh nilai $p - value = 0{,}01 < 0{,}05$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa setelah melewati proses *differencing* kedua, data telah menunjukkan sifat stasioner terhadap rata-rata.

Identifikasi Model Sementara

Menurut Asfihani (2017), identifikasi model ARIMA dilakukan dengan melihat pada plot ACF dan plot PACF dari Gambar 3 dan Gambar 4. Diperoleh hasil pendugaan model ARIMA sementara adalah ARIMA (0,2,0), ARIMA (0,2,1), ARIMA (0,2,2), ARIMA (1,2,0), ARIMA (1,2,1), ARIMA (1,2,2), ARIMA (2,2,0), ARIMA (2,2,1), ARIMA (2,2,2), ARIMA (3,2,0), ARIMA (4,2,0), dan ARIMA (5,2,0).

Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter

Estimasi parameter ini bertujuan untuk mengukur nilai-nilai yang menggambarkan hubungan antara variabel-variabel dalam model. Uji signifikansi parameter dilakukan untuk memastikan keandalan hasil estimasi,. Hasil dari estimasi parameter dan uji signifikan diperoleh 3 modek terbaik seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Estimasi Parameter Model ARIMA

No	Model	Variabel	Koefisien	*p-Value*	Sum Square	Mean Square	AIC	BIC
1.	**ARIMA (2,2,0)**	AR (1)	-1,3011	0,000	2,822E +11	3.527.784.287	2041,42	2048,64
		AR (2)	-0,6380	0,000				
2.	**ARIMA (2,2,1)**	AR (1)	-1,081	0,000	1,410E +11	1.785.381.913	1988,32	1997,95
		AR (2)	-0,508	0,000				
		MA (1)	0,974	0,000				
3.	**ARIMA (3,2,0)**	AR (1)	-1,644	0,000	2,063E +11	2.612.344.433	2019,90	2029,53
		AR (2)	-1,348	0,000				
		AR (3)	-0,550	0,000				
4.	**ARIMA (4,2,0)**	AR (1)	-1,889	0,000	1,610E +11	2.064.953.015	2002,81	2014,84
		AR (2)	-1,996	0,000				
		AR (3)	-1,383	0,000				
		AR (4)	-0,532	0,000				
5.	**ARIMA (5,2,0)**	AR (1)	-2,126	0,000	1,350E +11	1.754.392.160	1991,82	2006,26
		AR (2)	-2,632	0,000				
		AR (3)	-2,322	0,000				
		AR (4)	-1,426	0,000				
		AR (5)	-0,498	0,000				

Dari hasil analisis pada Tabel 2, diperoleh bahwa terdapat lima (5) model yang menunjukkan signifikansi pada semua parameter yang digunakan. Model tersebut ialah ARIMA (2,2,0), ARIMA (2,2,1), ARIMA (3,2,0), ARIMA (4,2,0) dan ARIMA (5,2,0).

Uji Diagnostik

Uji diagnostik untuk kelima model yaitu uji Ljung Box untuk menguji korelasi antar pengmatan dari residual semua parameter dan uji Kolmogorof-Smirnov untuk menguji kenormalan sisaan. Hasil uji Ljung Box dan Kolmogorov-Smirnov dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil *p*-value dari Uji Ljung Box dan Kolmogorov-Smirnov

No	Model	*p-Value* Ljung Box	*p-Value* Kolmogorov-Smirnov	Keterangan
1.	ARIMA (2,2,0)	0.0141200	0.2585	Tidak memenuhi
2.	ARIMA (2,2,1)	0.4832000	0.8477	**Memenuhi**
3.	ARIMA (3,2,0)	0.0426700	0.8498	Tidak memenuhi
4.	ARIMA (4,2,0)	0.5385000	0.9303	**Memenuhi**
5.	ARIMA (5,2,0)	0.7619000	0.9840	**Memenuhi**

Pada Tabel 3, dapat dilihat bahwa dari kelima model yang signifikan, hanya tiga (3) model yang memenuhi asumsi *white noise* dan normalitas residual. Ketiga model tersebut yaitu: ARIMA (2,2,1), ARIMA (4,2,0), dan ARIMA (5,2,0).

Validasi pada Data diluar Model

Tabel 4. Hasil Validasi Model

No	Data Validasi	Data Fits ARIMA (2,2,1)	Jumlah Error Kuadrat (2,2,1)	Data Fits ARIMA (4,2,0)	Jumlah Error Kuadrat (4,2,0)
1	359.489	375.785	265.568.786	373.005	182.671.717
2	356.666	363.768	50.445.440	356.178	238.087
3	369.320	353.418	252.863.985	335.496	1.144.066.663
4	393.546	364.178	862.468.098	335.787	3.336.131.266
5	351.762	386.289	1192111173	362.706	119.775.525
6	379.176	353.074	681.336.467	357.728	460.019.718
7	425.002	375.141	2486140877	382.262	1.826.748.409
8	362.632	414.446	2684663956	427.419	4.197.324.991
	Total		**8.475.598.782**	Total	11.266.976.374

No	Data Validasi	Data Fits ARIMA (5,2,0)	Jumlah Error Kuadrat (5,2,0)
1	359.489	376.989	306.239.553
2	356.666	357.208	294.243
3	369.320	342.977	693.939.124
4	393.546	347.162	2.151.512.330
5	351.762	359.691	62.871.176
6	379.176	340.348	1.507.611.415
7	425.002	381.014	1.934.931.466
8	362.632	424.287	3.801.360.272
	Total		10.458.759.580

Dari hasil analisis pada Tabel 4, terlihat bahwa model ARIMA (2,2,1) menunjukkan nilai jumlah *error* kuadrat terkecil, yaitu sebesar 8.475.598.782. Model ARIMA (2,2,1) lebih sesuai dengan karakteristik data yang diamati, menghasilkan prediksi yang mendekati nilai sebenarnya.

Persamaan Model ARIMA

Berdasarkan hasil pada Tabel 4, maka model ARIMA yang terpilih ialah model ARIMA (2,2,1) dengan persamaan:

$$\boldsymbol{Z_t = 0,919Z_{t-1} - 0,427Z_{t-2} + 0,508Z_{t-3} + \varepsilon_t - 0,974\varepsilon_{t-1}}$$

Uji Ketepatan Model ARIMA

Tabel 5. Uji Ketepatan Model dengan MAPE

Data Aktual	Hasil Peramalan	Persentase Kesalahan (%)
359.489	375.785	4,53
356.666	363.768	1,99
369.320	353.418	4,31
393.546	364.178	7,46
351.762	386.289	9,82
379.176	353.074	6,88
425.002	375.141	11,73
362.632	414.446	14,29
Total		**61,01**
MAPE		**7,63**

Berdasarkan Tabel 5, model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) (2,2,1) menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 7,63%. Hasil ini menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan absolut peramalan terhadap nilai aktual adalah sebesar 7,63%, sehingga model memiliki tingkat akurasi yang tinggi berdasarkan kriteria (Kurnia, 2022) yang mengategorikan nilai MAPE kurang dari 10% sebagai peramalan dengan akurasi tinggi. Rendahnya nilai MAPE mengindikasikan bahwa hasil estimasi model secara umum mendekati nilai aktual, sehingga model ARIMA (2,2,1) berpotensi digunakan untuk memprediksi perkembangan volume pemakaian air bersih. Secara statistik, model ini menggabungkan dua komponen *autoregressive*, proses pembedaan (*differencing*) sebanyak dua kali, dan satu komponen *moving average*. Kombinasi tersebut memungkinkan model menangkap ketergantungan temporal dan perubahan pola data setelah proses pembedaan, meskipun ketepatan struktur model tetap perlu didukung oleh pemeriksaan stasioneritas dan diagnostik residual.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian *Forecasting of Water Consumptions Expenditure Using Holt-Winter's and ARIMA* (Razali et al., 2018), yang menunjukkan bahwa model ARIMA (2,1,4) menghasilkan kesalahan peramalan yang lebih rendah dibandingkan metode Holt-Winters dalam memprediksi pengeluaran konsumsi air di sebuah universitas di Malaysia. Temuan tersebut mendukung penggunaan pendekatan ARIMA untuk memodelkan data terkait konsumsi air berdasarkan pola historisnya. Namun, (Hyndman & Koehler, (2006); Aprilianti *et al*., (2019)) menegaskan bahwa nilai MAPE memiliki keterbatasan, khususnya ketika data aktual bernilai nol atau mendekati nol, sehingga evaluasi akurasi sebaiknya dilengkapi dengan ukuran kesalahan lainnya. Oleh

karena itu, nilai MAPE sebesar 7,63% memberikan indikasi positif terhadap kemampuan peramalan model ARIMA (2,2,1), tetapi belum cukup untuk memastikan bahwa model tersebut merupakan model terbaik tanpa perbandingan dengan metode alternatif dan pengujian pada data di luar sampel.

Dalam konteks pengelolaan air bersih, hasil peramalan yang mendekati nilai aktual dapat digunakan sebagai informasi pendukung untuk memperkirakan kebutuhan produksi dan distribusi air pada periode berikutnya. Informasi ini berpotensi membantu penyedia layanan dalam merencanakan kapasitas operasional, mengantisipasi perubahan permintaan, dan mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya. Meskipun demikian, penerapan model ARIMA (2,2,1) dalam pengambilan keputusan perlu memperhatikan kemungkinan perubahan pola pemakaian air akibat pertumbuhan pelanggan, kondisi iklim, gangguan distribusi, maupun faktor eksternal lainnya yang tidak dimodelkan secara langsung. Dengan demikian, model ARIMA (2,2,1) dapat dipertimbangkan sebagai salah satu pendekatan peramalan volume pemakaian air bersih, dengan tetap memerlukan validasi berkala untuk memastikan konsistensi akurasinya.

Dengan menerapkan model ARIMA (2,2,1), didapatkan hasil peramalan volume pemakaian air bersih di Kota Manado untuk periode bulan November 2023 hingga April 2024, yang mencakup enam periode berturut-turut adalah 375.785 m^3, 377.962 m^3, 373.405 m^3, 370.820 m^3, 368.416 m^3, dan 365.840 m^3.

KESIMPULAN

Model ARIMA terbaik dalam meramalkan volume pemakaian air bersih di Kota Manado adalah model ARIMA (2,2,1). Persamaan yang didapatkan untuk model ARIMA (2,2,1) adalah: $\boldsymbol{Z_t = 0,919Z_{t-1} - 0,427Z_{t-2} + 0,508Z_{t-3} + \varepsilon_t - 0,974\varepsilon_{t-1}}$. Didapatkan hasil peramalan volume pemakaian air bersih di Kota Manado dari bulan November 2023 sampai dengan bulan April 2024 (6 periode) berturut-turut adalah 375.785 m^3, 377.962 m^3, 373.405 m^3, 370.820 m^3, 368.416 m^3, dan 365.840 m^3. Volume pemakaian air diprediksi mencapai nilai tertinggi pada Desember 2023, kemudian mengalami penurunan secara bertahap hingga April 2024. Secara keseluruhan, hasil peramalan menunjukkan kecenderungan penurunan volume pemakaian air bersih sebesar 2,65% selama periode prediksi. Temuan ini dapat menjadi informasi pendukung bagi pengelola layanan air minum di Kota Manado dalam merencanakan kebutuhan dan distribusi air bersih secara lebih efisien.

Kontribusi Penulis

Christina Irwan: Konseptualisasi penelitian, metodologi, pengumpulan data, analisis data, visualisasi hasil, dan penulisan draf awal. **Djoni Hatidja:** Pengembangan metodologi, validasi model statistik, supervisi, serta penelaahan dan penyuntingan naskah. **Nelson Nainggolan:** Analisis formal, validasi hasil pemodelan ARIMA, interpretasi hasil, serta penelaahan dan penyuntingan naskah. **Jantje D. Prang:** Pengolahan dan kurasi data, interpretasi hasil penelitian, serta penelaahan dan penyuntingan naskah. Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir naskah untuk dipublikasikan.

Pernyataan Penggunaan Alat Kecerdasan Buatan (AI)

Selama penyusunan naskah ini, penulis menggunakan ChatGPT (OpenAI) untuk membantu penyuntingan bahasa dan perbaikan tata bahasa. Seluruh konten yang dibantu oleh AI telah

ditinjau dan disunting secara cermat oleh penulis untuk memastikan keakuratan, kejelasan, dan integritas akademik. Penulis bertanggung jawab sepenuhnya atas isi dan integritas naskah akhir.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan yang berkaitan dengan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aprilianti, A. E., Ahsan, M., & Nugraha, D. A. (2019). Prediksi Harga Air Pelanggan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Menggunakan Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). *Seminar Nasional FST 2019 Universitas Kanjuruhan Malang*, 781–789.

Asfihani, M. A. (2017). *Peramalan Volume Pemakaian Air di PDAM Kota Surabaya dengan Menggunakan Metode Time Series [Skripsi]*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Cryer, J. D., & Chan, K. S. (2008). *Time Series Analysis with Applications in R Second Edition*. Wiley Online Library.

Ekayanti, R., Mara, M. N., & Sulistianingsih, E. (2014). Analisis Model Intervensi Fungsi Step untuk Peramalan Kenaikan Tarif Dasar Listrik (TDL) Terhadap Besarnya Pemakaian Listrik. *Jurnal Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika Dan Terapannya*, *3*(3), 175–184.

Erdin. (2020). *Peramalan Jumlah Penyediaan Air Bersih oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) terhadap masyarakat di Kabupaten Gowa Tahun 2020 dengan Metode ARIMA [Skripsi]*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Makassar.

Hadiansyah, A. (2020). *Peramalan Penjualan Cat Pada Pt. Hij Menggunakan Autoregressive Integrated Moving Average [Thesis]*. Universitas Komputer Indonesia, Bandung.

Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*, *22*(4), 679–688. https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.03.001

Jannah, M., & Fitri, I. N. (2019). Penaksiran Parameter Model Autoregressive Orde (1) Dengan Menggunakan Metode Likelihood Maksimum. *MAP (Mathematics and Applications) Journal*, *1*(2), 38–48.

Kurnia, N. (2022). Penerapan Peramalan Penjualan Sembako Menggunakan Metode Single Moving Average (Studi Kasus Toko Kelontong Dedeh Retail). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *8*(17), 307–316.

Mokorimban, F. E., Langi, Y. A. R., & Nainggolan, N. (2021). Penerapan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) dalam Model Intervensi Fungsi Step terhadap Indeks Harga Konsumen di Kota Manado. *D'Cartesian: Jurnal Matematika Dan Aplikasi*, *10*(2), 91–99.

Nurhidayat, T. I., & Kurniawan, R. (2022). Forecasting Demand Menggunakan Model ARIMA Pada Pemakaian Air Bersih Produksi PDAM Kabupaten Kediri. *Seminar Nasional Manajemen, Ekonomi Dan Akuntansi*, 408–414.

Panjaitan, H., Prahutama, A., & Sudarno, S. (2018). Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Menggunakan Metode Arima, Intervensi Dan Arfima (Studi Kasus: Penumpang Kereta Api Kelas Lokal Ekonomi DAOP IV Semarang). *Jurnal Gaussian*, *7*(1), 96–109.

Razali, S. N. A. M., Rusiman, M. S., Zawawi, N. I., & Arbin, N. (2018). Forecasting of Water Consumptions Expenditure Using Holt-Winter's and ARIMA. *Journal of Physics: Conference Series, 995,* 012041. https://doi.org/10.1088/1742-6596/995/1/012041

Rofik, M. Z. (2017). *Peramalan Pemakaian Air Bersih di PDAM Sumber Pocong Kabupaten Bangkalan [Skripsi]*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Ruslam. (2020). *Peramalan Curah Hujan di Wilayah Sulawesi Barat Menggunakan Metode ARIMA Subset Musiman [Skripsi]*. Universitas Sulawesi Barat, Majene.

Wei, W. W. S. (2006). *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods Second Edition*. Pearson Education Inc.