

PERAMALAN VOLUME PRODUKSI AIR BERSIH MENGGUNAKAN METODE *TIME SERIES* (Studi Kasus: PERUMDAM Purwa Tirta Dharma Kabupaten Grobogan)

Muhammad Alfi Musyarrof*¹, Aries Susanty²

^{1,2} Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

PERUMDAM Purwa Tirta Dharma adalah salah satu perusahaan yang memanfaatkan Pendapatan Asli Daerah (PAD) guna mengelola dan mendistribusikan air bersih kepada masyarakat Kabupaten Grobogan dengan standar K3 (kualitas, kontinuitas, dan kuantitas) air dalam upaya pemenuhan kebutuhan hidup sehari-hari. Setiap tahun, terjadi penambahan hingga ribuan jumlah pelanggan yang turut menyebabkan penambahan jumlah penggunaan air bersih oleh pelanggan. Namun, volume air yang diproduksi untuk setiap periodenya selalu tidak menentu. Hal ini menyebabkan pihak perusahaan mengalami kesulitan dalam mengambil keputusan terkait volume air bersih yang akan disalurkan kepada pelanggan. Oleh karena itu, peneliti akan melakukan sebuah peramalan untuk 12 periode mendatang berdasarkan data volume produksi air bersih selama 3 tahun terakhir (2019-2021). Kegiatan forecasting dilakukan dengan menggunakan metode Time Series. Setelah dilakukan peramalan, didapatkan metode peramalan terbaik yaitu Hold Winter Multiplikatif berdasarkan nilai MAPE terkecil. Hasil peramalan metode ini dinyatakan valid berdasarkan Uji F. Hasil peramalan produksi air dalam satuan m³, yaitu 762.431, 686.329, 853.531, 819.489, 866.576, 876.869, 850.223, 854.307, 835.039, 839.892, 825.149, dan 848.523. Hasil peramalan ini akan digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam membuat keputusan terkait volume air bersih yang akan disalurkan agar dapat memenuhi permintaan pelanggan.

Kata kunci: peramalan; time series; mean absolute percentage error; uji f

Abstract

[Forecasting of Clean Water Production Volume Using Time Series Method (Case Study: PERUMDAM Purwa Tirta Dharma, Grobogan Regency)] PERUMDAM Purwa Tirta Dharma is one of the companies that utilizes Regional Original Revenue (PAD) to manage and distribute clean water to the people of Grobogan Regency with K3 standards (quality, continuity, and quantity) of water in an effort to meet the needs of daily life. Every year, there is an increase in the number of thousands of customers which also causes an increase in the amount of clean water used by customers. However, the volume of water produced for each period is always uncertain. This causes the company to have difficulty in making decisions regarding the volume of clean water that will be distributed to customers. Therefore, the researcher will make a forecast for the next 12 periods based on data on the volume of clean water production for the last 3 years (2019-2021). Forecasting activities are carried out using the Time Series method. After forecasting, the best forecasting method is the Hold Winter Multiplicative based on the smallest MAPE value. The forecasting results of this method are declared valid based on the F test. The results of forecasting water production in m³ units, namely 762,431, 686,329, 853,531, 819,489, 866,576, 876,869, 850,223, 854,307, 835,039, 839,892, 825,149, and 848,523. The results of this forecast will be used as consideration in making decisions regarding the volume of clean water to be distributed in order to meet customer demand.

Keywords: forecasting; time series; mean absolute percentage error; f test

*Penulis Korespondensi.
E-mail: muhammadalfimusyarrof11@undip.ac.id

1. Pendahuluan

Air bersih merupakan salah satu hal yang penting dan mendapat prioritas dalam perencanaan kota (Catanese & Snyder, 1996). Air bersih menjadi salah satu kebutuhan penting dalam kehidupan sehari-hari khususnya bagi kelompok rumah tangga dan wirausaha. Pemenuhan air bersih tidak hanya berorientasi pada kualitas, sebagaimana standar baku mutu air bersih yang tercantum dalam UU RI No. 11 Tahun 2020 dan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017, tetapi juga menyangkut kuantitas dan kontinuitasnya (Harahap, 2020). Seiring dengan peningkatan pertumbuhan penduduk di Indonesia, kebutuhan terhadap air bersih turut meningkat. Hal ini mendorong para pelaku usaha yang menyediakan air bersih untuk mampu memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat dari waktu ke waktu, salah satunya adalah Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).

Pelayanan air bersih perpipaan di perkotaan umumnya masih bergantung pada PDAM. Pada tahun 2018 Kabupaten/Kota di Indonesia berjumlah 514 Kabupaten/Kota. Jumlah penyelenggara SPAM sesuai daftar anggota biasa PERPAMSI dan hasil *exercises* BPPSPAM berjumlah 448 penyelenggara SPAM, sedangkan untuk BUMD Penyelenggara SPAM (PDAM) sendiri berjumlah 391 PDAM. Namun, kondisi tingkat pelayanan masih belum optimal karena pada tahun 2018, presentase cakupan pelayanan di wilayah pelayanan hanya mencapai 46,71%, dengan rincian jumlah penduduk terlayani sebanyak 73.651.222 jiwa dan jumlah penduduk di wilayah pelayanan sebanyak 157.693.313 jiwa (BPPSPAM, 2018).

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja PDAM yang telah dilaksanakan BPPSPAM bekerjasama dengan BPKP, diperoleh hasil bahwa pada tahun 2017, kinerja PERUMDAM Kabupaten Grobogan dinyatakan Sehat dengan nilai 2,90. Lalu, berdasarkan hasil simulasi BPPSPAM, nilai kinerja PERUMDAM mengalami kenaikan menjadi 3,25 pada tahun 2018, nilai hasil simulasi ini dapat terealisasi apabila ada penambahan jumlah pelanggan. Dari hasil penilaian dapat dilihat bahwa nilai kinerja aspek pelayanan dan aspek produksi PERUMDAM Kabupaten Grobogan terkait cakupan layanan, jumlah pelanggan, konsumsi air domestik, pergantian meter air, dan efisiensi produksi masih rendah (BPPSPAM, 2018). Oleh karena itu, pada tahun 2021 PERUMDAM Kabupaten Grobogan mendapatkan bantuan penyertaan modal senilai Rp 6,7 miliar, dengan rincian Rp 3 miliar digunakan untuk menambah 1.000 sambungan baru bagi masyarakat berpenghasilan rendah (MBR) dan sisanya untuk pembelian *water meter* dan penambahan jaringan perpipaan dan perpompaan. Program ini menyebabkan jumlah pelanggan PERUMDAM Kabupaten Grobogan meningkat menjadi 35 ribu pelanggan sampai tahun 2021. Kemudian, pada tahun 2022 PERUMDAM Kabupaten Grobogan

kembali mendapatkan penyertaan modal senilai Rp 4,7 miliar yang akan digunakan untuk pemasangan 1.000 jaringan baru bagi MBR dan untuk pembelian *water meter* serta aksesoris penyambungan. 1000 jaringan baru tersebut tersebar di tujuh kecamatan, yang meliputi Kecamatan Tanggunharjo, Tegowanu, Godong, Brati, Toroh, Grobogan, dan Purwodadi (Rokhim, 2022).

Penambahan jumlah pelanggan ini akan turut menyebabkan penambahan jumlah penggunaan air bersih oleh pelanggan PERUMDAM Kabupaten Grobogan. Namun, volume air yang diproduksi untuk setiap periodenya selalu tidak menentu, bahkan terkadang bisa mengalami penurunan atau peningkatan yang sangat signifikan. Hal ini menyebabkan pihak perusahaan mengalami kesulitan dalam mengambil keputusan terkait volume air bersih yang akan disalurkan kepada pelanggan. Seringkali hasil produksi yang dicapai tidak sesuai dengan target atau tujuan yang telah ditetapkan, sehingga diperlukan peramalan di berbagai bidang sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan yang efektif dan efisien (Pamungkas, *et al.*, 2021).

Peramalan (*forecasting*) merupakan suatu ilmu atau metode untuk memperkirakan kejadian yang akan terjadi di masa yang akan datang dengan menggunakan data deret waktu (*time series*) melalui pendekatan model matematis (Pamungkas, *et al.*, 2021). Peramalan dapat dilakukan dalam jangka waktu tahunan atau bahkan hanya beberapa menit ke depan sesuai dengan kebutuhan spesifik (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). Jika kondisi yang akan terjadi di masa depan dapat diprediksi secara ilmiah, maka dapat lebih mempersiapkan apa yang akan dilakukan dan bagaimana cara melakukannya (Pamungkas, *et al.*, 2021). Sebuah penelitian mengungkapkan bahwa metode *time series* dapat digunakan untuk meramalkan produksi air (Elsheikh, *et al.*, 2021). Di sisi lain, peramalan harus menjadi bagian terpadu dari perencanaan dan pengambilan keputusan (Pamungkas, *et al.*, 2021). Oleh karena itu, diperlukan sebuah peramalan atau *forecasting* terhadap volume produksi air bersih agar proses distribusi air kepada pelanggan di PERUMDAM Purwa Tirta Dharma Kabupaten Grobogan dapat berjalan dengan lancar dan dapat memenuhi permintaan pelanggan.

2. Tinjauan Pustaka Sistem Pengadaan

Menurut Siska (2010), sistem pengendalian persediaan dapat didefinisikan sebagai serangkaian kebijakan pengendalian untuk menentukan tingkat persediaan yang harus dijaga, kapan pemesanan untuk menambah persediaan harus dilakukan dan berapa pesanan yang harus diadakan. Dalam sistem manufaktur, persediaan dapat ditemui dalam tiga bentuk, yaitu bahan baku, barang setengah jadi, dan barang jadi (Indrajit & Djokopranoto, 2003).

Peramalan

Peramalan adalah metode untuk memperkirakan suatu nilai di masa depan dengan menggunakan data masa lalu. Peramalan juga dapat diartikan sebagai seni dan ilmu untuk memperkirakan kejadian pada masa yang akan datang, sedangkan aktivitas peramalan merupakan suatu fungsi bisnis yang berusaha memperkirakan penjualan dan penggunaan suatu produk sehingga produk-produk itu dapat dibuat dalam kuantitas yang tepat (Gaspersz, 2002). Berdasarkan sifatnya peramalan dibagi menjadi dua macam yaitu kualitatif dan kuantitatif (Sugiyono, 2014).

Metode Deret Waktu (*Time Series*)

Metode peramalan *time series* pada umumnya berdasarkan atas pengguna analisa pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu. Analisis ini mempelajari pola gerakan nilai variabel pada satu interval waktu tertentu. Hal ini bertujuan untuk menemukan pola dalam deret historis dan menginterpolasikan pola tersebut ke masa yang akan datang. Beberapa metode *time series* yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Double Moving Average* (DMA)

Metode ini digunakan untuk melakukan peramalan terhadap data yang memperlihatkan pola berbentuk *trend* tertentu. Model matematis dari metode *Double Moving Average* ditunjukkan oleh rumus berikut.

$$S'_t = \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-(N-1)}}{N}$$

$$S''_t = \frac{S'_t + S'_{t-1} + S'_{t-2} + \dots + S'_{t-(N-1)}}{N}$$

$$a_t = 2S'_t - S''_t$$

$$b_t = \frac{2}{N-1}(S'_t - S''_t)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t \cdot m$$

Keterangan:

F_{t+m} = nilai peramalan untuk periode t+m

S' = pergerakan pertama

S'' = pergerakan kedua

a & b = parameter

N = jumlah periode peramalan

m = selisih periode peramalan dan t

2. *Double Exponential Smoothing* (DES)

Metode ini digunakan untuk melakukan peramalan terhadap data yang memperlihatkan pola berbentuk *trend* tertentu. Model matematis dari metode *Double Exponential Smoothing* ditunjukkan oleh rumus berikut.

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1}$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1}$$

$$a_t = 2S'_t - S''_t$$

$$b_t = \frac{2}{1-\alpha}(S'_t - S''_t)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t \cdot m$$

Keterangan pada rumus metode ini hampir sama dengan metode *Double Moving Average*, hanya terdapat tambahan α yang merupakan konstanta *smoothing*, dengan nilai berkisar antara $0 < \alpha < 1$.

3. Holt Winter Multiplikatif

Metode ini digunakan untuk melakukan peramalan terhadap data yang memperlihatkan pola berbentuk *trend* tertentu. Model matematis dari metode Holt Winter Multiplikatif ditunjukkan oleh rumus berikut.

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + B_{t-1})$$

$$b_t = \beta(L_t + L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-1}$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_t \cdot m)S_{t-s+m}$$

Keterangan:

F_{t+m} = nilai peramalan untuk periode t+m

L_t = level pada periode t

b_t = *trend* pada periode t

S_t = komponen seosenal pada periode t

α, β, γ = parameter dengan interval 0 sampai 1

m = jumlah ramalan ke depan

s = panjang seosenal

Y_t = data yang diamati pada periode t

Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error merupakan metode perhitungan *error* dengan menggunakan rata-rata *error* pada suatu periode dan nilai absolut *error* tersebut. Berikut adalah rumus yang digunakan:

$$MAPE = \frac{\sum_i^n |PEi|}{n}$$

Keterangan:

$|PEi|$ = *absolute percentage error* periode ke-i

n = banyaknya periode

Kelebihan dari metode ini adalah hasil lebih akurat, sedangkan ukuran kesalahan yang relatif.

Metode *Moving Range*

Moving range atau peta kendali MR (*Individual Moving Range*) adalah metode yang menghitung rata-rata suatu nilai runtut waktu dan kemudian digunakan untuk memperkirakan nilai periode selanjutnya. Selanjutnya dipetakan dalam peta kendali untuk melihat apakah data berada batas kendali (Eris, Nohe, & Wahyuningsih, 2014). Berikut ini merupakan rumus dari metode *moving range*:

$$MR = |(\hat{y}_t - y_t) - (\hat{y}_{t-1} - y_{t-1})|$$

$$\overline{MR} = \sum \frac{MR}{n-1}$$

Keterangan:

\overline{MR} = nilai *moving range*

\hat{y}_t = data peramalan pada periode t

- \hat{y}_{t-1} = data peramalan pada periode sebelumnya (t-1)
- y_t = data aktual pada periode t
- y_{t-1} = data aktual pada periode sebelumnya (t-1)
- n = jumlah periode data

Metode Uji F

Uji F adalah uji koefisien regresi yang dilakukan secara simultan dan serentak. Tujuan dari uji F adalah menentukan kecermatan metode yang dipakai dengan menentukan variansi dari metode pengujian yang dilakukan berulang (Ilham, 2020).

Berikut ini merupakan rumus uji F (Ilham, 2020):

$$F_{hitung} = \frac{\frac{R^2}{(n-1)}}{\frac{(1-R^2)}{(n-k)}}$$

Keterangan:

R^2 = koefisien determinasi

n = jumlah data

k = jumlah variabel independen

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PERUMDAM) Purwa Tirta Dharma Kabupaten Grobogan dengan menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan peramalan terhadap banyaknya volume air bersih yang diproduksi oleh PERUMDAM pada tahun 2022.

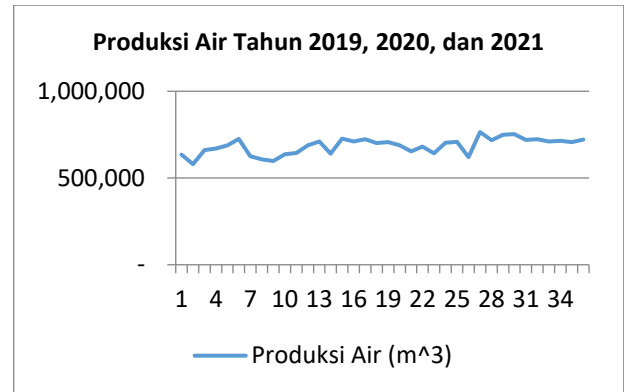
Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan melalui pengamatan secara langsung di PERUMDAM terkait proses pengolahan air. Sedangkan, data sekunder diperoleh dari data historis yaitu data produksi air bersih untuk setiap periodenya selama 3 tahun terakhir (2019-2021).

Data yang sudah dikumpulkan kemudian diolah melalui tahapan sebagai berikut:

1. Membuat *plot* data
Pembuatan *plot* data bertujuan untuk melihat pola data yang terbentuk.
2. Memilih metode peramalan
Pemilihan metode peramalan didasarkan pada pola data yang terbentuk.
3. Melakukan peramalan
Peramalan dilakukan dengan menggunakan metode terpilih.
4. Menghitung *error* tiap metode peramalan
Penghitungan *error* tiap metode peramalan bertujuan untuk membandingkan nilai *error* yang dihasilkan antar metode peramalan.
5. Memilih peramalan dengan *error* terkecil
Pemilihan metode peramalan didasarkan pada nilai *error* terkecil.
6. Melakukan verifikasi hasil peramalan
Verifikasi hasil peramalan menggunakan metode yang telah ditentukan.

4. Hasil Dan Pembahasan

Plot data produksi air PERUMDAM Purwa Tirta Dharma Kabupaten Grobogan dalam 3 tahun terakhir sebagai data untuk peramalan disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Produksi Air Tahun 2019, 2020, dan 2021

Berdasarkan *plot* data dari data masa lalu yang tertera pada gambar 1, hasilnya menunjukkan bahwa data yang dipilih oleh perusahaan memiliki pola data seasonal (musiman). Hal tersebut dibuktikan dengan adanya kenaikan atau penurunan produksi air dari tahun ke tahun. Dari grafik dapat dilihat bahwa pola data tiap tahunnya sangat berbeda.

Pada *plot* produksi air dapat dilihat bahwa bentuknya cenderung musiman. Oleh karena itu, metode yang digunakan pada laporan ini adalah metode yang memperhitungkan adanya konstan, *trend*, dan juga *seasonal*. Metode tersebut adalah *Double Moving Average*, *Double Exponential Smoothing*, *Holt Winter Multiplikatif*. Dari metode-metode tersebut akan dibandingkan nilai *error*-nya. Perhitungan *error* yang digunakan yaitu *Mean Absolute Percentage Error*. Dimana perhitungan *error* tersebut dipilih dari perhitungan *error* dengan tingkat akurasi yang rendah sehingga didapatkan metode peramalan yang terbaik. Rekapitulasi hasil peramalan menggunakan beberapa metode *time series* disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Peramalan

t	X(t)	3 DMA	5 DMA	DES	Holt Winter
1	634.524				644.268
2	579.742				576.743
3	661.032			538.656	674.689
4	670.566			667.218	655.785
5	687.690			714.496	676.817
6	725.887	729.082		745.300	684.712
7	626.022	747.527		805.443	651.080
8	607.040	674.481		625.826	638.857
9	598.425	607.240		547.752	617.884
10	636.275	535.923	633.016	527.979	636.112
11	644.111	590.145	621.233	606.886	623.092
12	689.098	645.025	600.878	647.673	662.716
13	710.959	705.032	639.427	735.706	647.910
14	641.140	734.732	682.865	784.319	600.245
15	727.960	695.675	683.252	655.949	698.717
16	710.713	709.965	705.262	772.089	716.309
17	723.833	701.798	718.463	759.910	741.229
18	701.818	757.533	716.528	767.526	779.816
19	706.941	718.879	702.738	719.980	674.734
20	688.319	703.378	726.499	712.519	664.724
21	654.091	682.404	704.977	676.670	664.560
22	681.798	654.013	679.712	610.721	710.350
23	642.344	652.955	672.524	653.564	717.288
24	702.691	633.390	658.600	602.288	756.635
25	708.707	686.994	667.051	705.091	760.542
26	620.805	707.340	681.579	740.720	669.405
27	764.904	673.808	666.651	587.795	738.156
28	717.777	721.002	701.183	809.990	712.564
29	749.750	719.018	726.374	771.795	715.161
30	752.649	803.468	729.344	804.694	698.398
31	720.690	763.266	734.671	804.256	691.160
32	723.749	739.601	765.525	735.317	669.573
33	710.992	721.454	734.680	719.778	642.491
34	713.392	694.185	726.093	694.562	682.224
35	707.266	703.544	716.344	696.565	660.632
36	721.893	701.602	702.505	690.552	740.828
37		715.366	711.161	718.825	762.431
38		715.957	709.728	720.403	686.329
39		716.548	708.296	721.981	853.531
40		717.139	706.863	723.559	819.489
41		717.730	705.430	725.137	866.576
42		718.321	703.998	726.715	876.869
43		718.912	702.565	728.293	850.223
44		719.503	701.133	729.871	854.307
45		720.094	699.700	731.449	835.039
46		720.685	698.268	733.027	839.892
47		721.276	696.835	734.605	825.149
48		721.867	695.402	736.183	848.523

Setelah dilakukan perhitungan peramalan secara manual ataupun dengan menggunakan *software Minitab*, didapatkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk masing-masing metode peramalan.

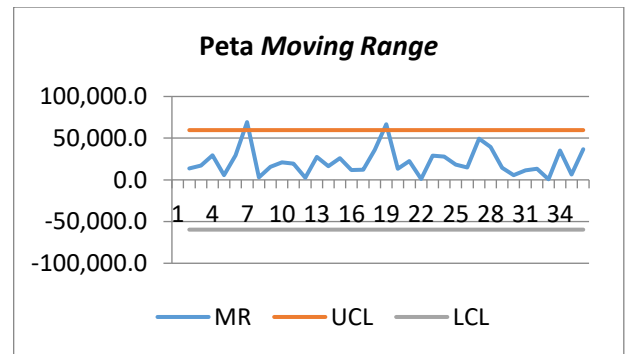
Rekapitulasi hasil perhitungan *error* tersebut disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pehitungan *Error*

Metode Peramalan	MAPE (%)
<i>Double Moving Average</i> 3 Periode (3 DMA)	5,598
<i>Double Moving Average</i> 5 Periode (5 DMA)	4,526
<i>Double Esponential Smoothing</i> (DES)	8,152
Holt Winter Multiplikatif	3

Berdasarkan tabel 2, nilai *error* terkecil terdapat pada metode Holt Winter Multiplikatif yaitu dengan nilai MAPE sebesar 3%. Oleh karena itu, metode Holt Winter Multiplikatif dipilih sebagai metode peramalan produksi air PERUMDAM Purwa Tirta Dharma Kabupaten Grobogan.

Setelah dilakukan perhitungan untuk validasi metode peramalan terpilih menggunakan *Moving Range*, didapatkan grafik kendali *error* yang disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Peta *Moving Range*

Berdasarkan hasil perhitungan UCL dan LCL pada gambar 2, terdapat nilai *error* yang berada di luar batas kendali yaitu data periode 7 dan 19. Nilai MR yang berada di luar batas kendali menunjukkan bahwa data tidak berada dalam pengendalian statistik (tidak normal), hal ini bisa disebabkan oleh kejadian-kejadian tertentu yang menyebabkan produksi air melonjak drastis dibandingkan periode lainnya seperti efek cuaca yang tidak menentu, musim yang sedang berlangsung, dan lain sebagainya. Agar dapat dipastikan bahwa metode Holt Winter Multiplikatif valid atau tidak untuk digunakan, maka dilakukan uji F untuk melihat variansi antara data aktual dengan hasil *forecasting*.

Berikut merupakan hasil perhitungan Uji F:

1. $H_0 = \text{varians data aktual} = \text{varian forecast}$
2. $H_1 = \text{varians data aktual} \neq \text{varian forecast}$
3. $\alpha = 0,05$
4. Daerah kritis: $F \text{ hitung} > F \text{ kritis}$
5. Perhitungan:

Output uji F menggunakan Microsoft Excel disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Output Uji F Menggunakan Microsoft Excel

F-Test Two-Sample for Variances		
	Variable 1	Variable 2
Mean	685155.4	680455.7
Variance	2.13E+09	2.12E+09
Observations	36	36
Df	35	35
F	1.006619	
P(F<=f) one-tail	0.49227	
F Critical one-tail	1.75714	

- Keputusan: Jangan tolak H_0 karena F hitung $<$ F kritis = $1,006619 < 1,75714$
- Kesimpulan: Varians data aktual = varians forecasting

Berdasarkan uji F pada tabel 3, dapat disimpulkan bahwa metode Holt Winter Multiplikatif adalah metode yang tepat digunakan untuk meramalkan produksi air 12 periode ke depan.

Hasil peramalan terpilih adalah yang menghasilkan MAPE terkecil, yaitu dengan menggunakan metode Holt Winter Multiplikatif. Hasil peramalan dengan metode Holt Winter Multiplikatif untuk 12 periode ke depan berdasarkan data volume produksi air PERUMDAM Purwa Tirta Dharma Kabupaten Grobogan selama 3 tahun terakhir (2019-2021) dalam satuan m^3 disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Peramalan Produksi Air Tahun 2022

Periode (t)	Forecasting (m^3)
37	762.431
38	686.329
39	853.531
40	819.489
41	866.576
42	876.869
43	850.223
44	854.307
45	835.039
46	839.892
47	825.149
48	848.523

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Gambar 1 memperlihatkan *plot* data produksi air bersih PERUMDAM Purwa Tirta Dharma Kabupaten Grobogan selama 3 tahun terakhir (2019-2021) yang akan digunakan sebagai data peramalan. Dari gambar tersebut terlihat bahwa data yang dipilih oleh perusahaan memiliki pola data seasonal (musiman), sehingga metode peramalan yang tepat untuk digunakan adalah metode *time series* yang meliputi metode *Double Moving Average*, *Double Exponential Smoothing*, dan Holt Winter Multiplikatif. Setelah dilakukan perhitungan peramalan secara manual ataupun dengan menggunakan *software Minitab*, didapatkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk masing-masing metode peramalan yang disajikan dalam tabel 2, dimana nilai *error* terkecil didapatkan ketika menggunakan metode Holt Winter Multiplikatif yaitu sebesar 3%. Selanjutnya, dilakukan uji validasi terhadap hasil peramalan metode Holt Winter Multiplikatif menggunakan *Moving Range*, didapatkan 2 nilai *error* yang berada di luar batas kendali yaitu data periode 7 dan 19. Dengan demikian, harus dilakukan Uji F untuk memastikan bahwa varians data aktual sama dengan varians forecasting. Berdasarkan tabel 3 yang merupakan output Uji F menggunakan *software* Microsoft Excel, didapatkan bahwa nilai F hitung $<$ F kritis yaitu $1,006619 < 1,75714$ yang artinya metode terpilih valid untuk digunakan sebagai data forecasting. Jadi, hasil peramalan dengan metode Holt Winter Multiplikatif untuk 12 periode ke depan dalam satuan m^3 adalah 762.431, 686.329, 853.531, 819.489, 866.576, 876.869, 850.223, 854.307, 835.039, 839.892, 825.149, dan 848.523.
- Berdasarkan gambar 1 yang memperlihatkan *plot* data produksi air bersih PERUMDAM Purwa Tirta Dharma Kabupaten Grobogan selama 3 tahun terakhir (2019-2021), peningkatan volume produksi air bersih yang paling signifikan terjadi pada periode ke-28 dengan selisih sebesar $144.099 m^3$ dibandingkan periode sebelumnya. Sedangkan, penurunan volume produksi air bersih yang paling signifikan terjadi pada periode ke-8 dengan selisih sebesar $99.865 m^3$ dibandingkan periode sebelumnya. Peningkatan dan penurunan volume produksi air ini tergolong tinggi, hal ini menyebabkan beberapa data keluar dari batas kendali pada saat dilakukan validasi peramalan menggunakan metode *Moving Range* (MR) yang ditunjukkan pada gambar 2. Nilai MR yang berada di luar batas kontrol menunjukkan bahwa data tidak berada dalam pengendalian statistikal (tidak normal).

3. Berdasarkan kesimpulan pada poin (2), peningkatan volume produksi air bersih yang paling signifikan terjadi pada periode ke-28 dimana periode ini jatuh pada bulan April yang umumnya mengalami musim pancaroba, yaitu peralihan antara musim penghujan ke musim kemarau. Sedangkan, penurunan volume produksi air bersih yang paling signifikan terjadi pada periode ke-8 dimana periode ini jatuh pada bulan Agustus yang umumnya mengalami musim pancaroba, yaitu peralihan antara musim kemarau ke musim penghujan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa peningkatan dan penurunan volume produksi air bersih dipengaruhi oleh faktor cuaca yang tidak menentu dan musim yang sedang berlangsung.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu dan terlibat dalam penelitian ini, sehingga penelitian dapat diselesaikan dengan baik. Adapun pihak-pihak yang terlibat adalah sebagai berikut:

1. Ibu Dr. Ratna Purwaningsih, S.T., M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Industri Universitas Diponegoro,
2. Bapak Purnawan Adi W. S.T., M.T. selaku Koordinator Kerja Praktek Teknik Industri Universitas Diponegoro 2022,
3. Ibu Prof. Dr. Aries Susanty, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing Kerja Praktek yang telah mengarahkan penulis dalam pengerjaan laporan Kerja Praktek ini,
4. Ibu Myra Heltyani, S.E., MM., selaku Direktur PERUMDAM Purwa Tirta Dharma Kabupaten Grobogan yang telah menerima pengajuan Kerja Praktek penulis,
5. Bapak Nofia Rudi Artanto, S.T. selaku Kepala Sub. Bagian Produksi dan NRW yang telah banyak membantu dan membimbing penulis selama mengikuti Kerja Praktek.

Daftar Pustaka

- Adelheid. (2018). *Manajemen Pengelolaan Obat terhadap Ketersediaan Obat di Instalasi Farmasi Rumah Sakit Umum Daerah Kudungga Sangatta Kabupaten Kutai Timur*. Program Pascasarjana. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Andriyanto, U. S., & Basith, A. (1993). *Metode dan Aplikasi Peramalan, Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Anindita, T. D., Tama, I. P., & Hamdala, I. (2018). *Analisis Keseimbangan Lintasan dengan Simulated Annealing pada Laboratorium Quality Control Perusahaan Filter Rokok*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*.
- Aritonang, L. (2009). *Peramalan Bisnis*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Assauri, S. (1984). *Teknik dan Metode Peramalan dalam Ekonomi dan Dunia Usaha* (1 ed.). Jakarta: Lembaga Penerbitan Fakultas Ekonomi UI.
- Baroroh, A. (2005). *Analisis Time Series, Trend, dan Regresi Berganda dengan Minitab*. Bogor.
- BPPSPAM. (2017). *Buku Kinerja PDAM 2017*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- BPPSPAM. (2018). *BPPSPAM*. Dipetik April 11, 2022, dari [sim.ciptakarya.pu.go.id: http://sim.ciptakarya.pu.go.id/bppspam/detail_berita/291](http://sim.ciptakarya.pu.go.id/http://sim.ciptakarya.pu.go.id/bppspam/detail_berita/291)
- BPPSPAM. (2018). *Kinerja PDAM 2018*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- BPPSPAM. (2019). *Buku Kinerja BUMD Penyelenggara SPAM 2019*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Catanese, A. J., & Snyder, J. C. (1996). *Perencanaan Kota*. Jakarta: Erlangga.
- Elsheikh, A. H., Katekar, V. P., Muskens, O. L., Deshmukh, S. S., Elaziz, M. A., & Dabour, S. M. (2021). *Utilization of LSTM Neural Network for Water Production Forecasting of a Stepped Solar still with a Corrugated Absorber Plate*. *Process Safety and Environmental Protection*, 273-282.
- Eris, P., Nohe, D., & Wahyuningsih, S. (2014). *Peramalan dengan Metode Smoothing dan Verifikasi Metode Peramalan dengan Grafik Pengendali Moving Range (MR)*. *Jurnal Ekspansional*, 203-210.
- Gaspersz, V. (2002). *Manajemen Kualitas dalam Industri Jasa*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hadi, S. (2003). *Metodologi Research*. Yogyakarta: Pustaka Andi.
- Handayani, D. Y., Prihandono, B., & Kiftiah, M. (2016). *Analisis Metode Moodie Young dalam Menentukan Keseimbangan Lintasan Produksi*. *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, 229-238.
- Harahap, P. L. (2020). *Peramalan Jumlah Air Minum yang Disalurkan Berdasarkan Pelanggan PDAM Tirtanadi Medan pada Tahun 2019-2021 dengan Metode Smoothing Ekspansional Ganda*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Hartini, S. (2011). *Teknik Mencapai Produksi Optimal*. Bandung: CV. Lubuk Agung.
- Hyndman, R., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and Practice* (2 ed.). Melbourne, Australia: OTexts. Dipetik April 11, 2022, dari OTexts.com/fpp2

- Ilham. (2020). *Kupas Tuntas Apa Itu Uji F, Rumus dan Tabel Ujinya*. Dipetik Agustus 18, 2021, dari labmutu: <https://www.labmutu.com/2020/12/uji-f.html>
- Indrajit, R. E., & Djokopranoto, R. (2003). *Manajemen Persediaan, Barang Umum dan Suku Cadang Untuk Pemeliharaan dan Operasi*. Jakarta: Grasindo.
- Kilbridge, M., & Wester, L. (1961). A Heuristic Method of Assembly Line Balancing. *The Journal of Industrial Engineering*, 292-298.
- Makridakis. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan* (2 ed.). Jakarta: Binarupa Aksara.
- Muizzudin, A. (2014). *Teknik dan Metode Peramalan*. Jakarta: Penerbit Fakultas Ekonomi Indonesia.
- Nur, S. M. (2009). *Aplikasi Program Minitab 15: Statistik Untuk Perancangan Percobaan*. Jakarta: PT Calprint Indonesia.
- Pamungkas, A., Puspasari, R., Nurfiarini, A., Zulkarnain, R., & Waryanto, W. (2021). *Comparison of Exponential Smoothing Methods for Forecasting Marine Fish Production in Pekalongan Waters, Central Java*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1-7.
- Rangkuti, F. (2004). *Manajemen Persediaan Aplikasi di Bidang Bisnis*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Rokhim, A. (2022). *Radarkudus*. Dipetik April 11, 2022, dari radarkudus.jawapos.com: <https://radarkudus.jawapos.com/grobogan/24/02/2022/pdam-grobogan-beri-1-000-sambungan-air-untuk-masyarakat-penghasilan-rendah/>
- Saputra, P. H., & Tarigan, Z. J. (2014). *Analisa Deskriptif Manajemen Persediaan Pada PT. Usman Sinar Bulan, Sidoarjo*. *Agora*, 1-9.
- Setyawan, D. P., Pulansari, F., & Hayati, K. R. (2021). *Analisa Line Balancing Menggunakan Metode Moodie Young dan Ranked Positional Weight di CV. XYZ. Juminten : Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi*, 84-95.
- Siska, L. S. (2010). *Analisis Sistem Pengendalian Persediaan Barang Dagang Pada Pt. Sungai Budi Di Palembang*. Program Studi Akuntansi. Palembang: STIE Multi Data Palembang.
- Subagyo, P. (1986). *Forecasting Konsep dan Aplikasi*. Yogyakarta: BPPE UGM.
- Subekti, A. (2010). *Pengelolaan Kas Daerah untuk Mendukung Peningkatan Pendapatan Asli Daerah pada Pemerintah Kabupaten Pekalongan*. *Tesis*. Jakarta: Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.
- Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Supranto, J. (1984). *Metode Ramalan Kuantitatif Untuk Perencanaan*. Jakarta: Erlangga.
- Taylor, B. (2014). *Introduction to Management Science*. Jakarta: Salemba Empat.
- Taylor, B. W. (2004). *Management Science* (8 ed.). Jakarta: Salemba Empat.
- Yudha, S. P., Pratikto, & Tama, I. P. (2017). *Meningkatkan Efisiensi Lintasan Perakitan Plastic Box 260 Menggunakan Pendekatan Metode Heuristik*. *Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu*.