



Prediksi Optimasi Produksi Galon di PDAM AMDK Tirta Moedal Kota Semarang Menggunakan Metode Monte Carlo

Vincensius Pandu Galih Raka Siwi¹, Tita Talitha¹✉

⁽¹⁾Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro, Indonesia

DOI: 10.31004/jutin.v8i2.44648

✉ Corresponding author:
[tita.talitha@dsn.dinus.ac.id]

Article Info	Abstrak
<p>Kata kunci: PDAM Tirta Moedal; Air Minum Dalam Kemasan; Metode Monte Carlo; Optimasi Produksi; Manajemen Kapasitas</p>	<p>Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Moedal Kota Semarang menghadapi tantangan dalam mengoptimalkan produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) galon akibat adanya ketidakseimbangan antara permintaan dan produksi. Ketidakseimbangan ini sering kali mengakibatkan produksi tidak sebanding dengan permintaan sehingga terjadi penumpukan armada kendaraan dan keterlambatan pengiriman produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan menggunakan metode Monte Carlo, yaitu teknik simulasi yang memanfaatkan angka acak dan statistik untuk memprediksi hasil dan memecahkan masalah yang kompleks. Dalam penelitian ini, data historis permintaan dan produksi air galon dikumpulkan dan dianalisis untuk membangun model distribusi probabilitas. Simulasi Monte Carlo kemudian diterapkan untuk mensimulasikan berbagai skenario permintaan dan produksi. Hasil simulasi digunakan untuk mengidentifikasi skenario yang paling mungkin terjadi dan menyusun rencana optimasi produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menerapkan metode Monte Carlo, PDAM Tirta Moedal dapat meningkatkan efisiensi perencanaan produksi dan manajemen kapasitas, sehingga mampu memenuhi permintaan pasar secara lebih efisien dan tepat waktu. Penerapan metode ini juga dapat membantu mengurangi keterlambatan pengiriman produk, meningkatkan kepuasan pelanggan, dan meningkatkan kinerja bisnis secara keseluruhan.</p>
<p>Keywords: PDAM Tirta Moedal; Packaged Drinking Water; Monte Carlo Method; Production Optimization; Capacity Management</p>	<p>Abstract <i>The Regional Drinking Water Company (PDAM) Tirta Moedal of Semarang City faces challenges in optimizing the production of gallon-sized Packaged Drinking Water (AMDK) due to an imbalance between demand and production. This imbalance often results in insufficient production compared to demand, causing a buildup of fleet vehicles and delays in product delivery. This study aims to address</i></p>

this problem by using the Monte Carlo method, a simulation technique that utilizes random numbers and statistics to predict outcomes and solve complex problems. In this study, historical data on demand and production of gallon water were collected and analyzed to build a probability distribution model. Monte Carlo simulation was then applied to simulate various demand and production scenarios. The simulation results were used to identify the most likely scenarios and develop a production optimization plan. The results of the study show that by implementing the Monte Carlo method, PDAM Tirta Moedal can improve the efficiency of production planning and capacity management, so that it is able to meet market demand more efficiently and on time. The implementation of this method can also help reduce delays in product delivery, increase customer satisfaction, and improve overall business performance.

1. PENDAHULUAN

Menurut Untung (dalam Ronika et al., 2022) air yang bersih dapat dicirikan dengan tampilan yang jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan rasanya tawar. Pentingnya air bagi kehidupan masyarakat ini mendorong pemerintah untuk membuat program pemenuhan kebutuhan air minum di wilayah pinggiran kota dan pedesaan yang tidak terjangkau oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) bernama PAMSIMAS.

PDAM Tirta Moedal Kota Semarang adalah sebuah perusahaan milik Daerah (BUMD) yang bergerak di bidang pelayanan masyarakat yang menyediakan air bersih untuk masyarakat Kota Semarang, dan juga pengelolaan Air Minum (Comission, 2016). Perusahaan ini memproduksi sumber daya alam menjadi Air Minum dalam Kemasan (AMDK) dengan sangat baik (Caron & Markusen, 2016).

AMDK merupakan kebutuhan yang cukup penting bagi masyarakat perkotaan seperti Jakarta dan masyarakat yang selalu mengalami kesulitan untuk mengkonsumsi air seperti daerah pinggir pantai, pegunungan atau bukit kapur (Munawaroh, 2020). AMDK dipilih karena alasan keamanan dan kesehatan, kesenangan (gaya hidup), harganya terjangkau dan praktis dalam mengkonsumsi (Krisnawati, 2016).

Berdasarkan hasil observasi selama pelaksanaan penelitian di PDAM Tirta Moedal Kota Semarang, ditemukan beberapa permasalahan dalam proses produksi AMDK, terutama pada lini produksi air minum dalam kemasan galon yang belum beroperasi secara maksimal. Hal ini sejalan dengan temuan (Widyastuti & Rahardja, 2018), yang juga menunjukkan bahwa lini produksi galon belum mencapai kinerja optimal. Ketidakseimbangan antara tingkat permintaan dan kapasitas produksi kerap mengakibatkan volume produksi yang tidak mampu memenuhi kebutuhan pasar secara memadai. Kondisi ini memicu penumpukan armada distribusi yang harus menunggu hingga proses produksi selesai, sehingga berdampak pada keterlambatan pengiriman produk kepada konsumen. Tantangan ini menyoroti pentingnya mengoptimalkan perencanaan produksi dan manajemen kapasitas untuk memenuhi permintaan pasar secara efisien. Perencanaan yang efisien dapat memperlancar operasi dan memastikan pengiriman air minum dalam kemasan berkualitas tinggi secara tepat waktu, sehingga meningkatkan kepuasan pelanggan dan kinerja bisnis. Oleh karena itu, untuk memahami dan mengkaji proses pengoptimalan produksi air minum dalam kemasan, khususnya pada produk galon, diperlukan penerapan metode kuantitatif yang tepat. Beberapa pendekatan yang dapat digunakan antara lain metode Monte Carlo untuk simulasi ketidakpastian, Linear Programming untuk optimasi sumber daya, serta Analisis Regresi dan Forecasting Time Series guna memprediksi permintaan dan merencanakan kapasitas produksi secara efisien (Prastyo, 2023). Metode Monte Carlo dipilih sebagai pendekatan utama karena kemampuannya dalam melakukan simulasi berbasis probabilistik, sehingga dapat memberikan estimasi yang lebih akurat terhadap kebutuhan produksi serta membantu dalam pengambilan keputusan yang optimal (Li et al., 2016).

Metode Monte Carlo adalah sebuah teknik simulasi yang menggunakan bilangan acak dan statistik untuk memprediksi hasil atau menyelesaikan masalah yang kompleks (Mahessya, 2017). Dalam konteks prediksi jumlah produksi dan jumlah permintaan barang, metode Monte Carlo dapat membantu dengan mensimulasikan berbagai kemungkinan skenario dan mengestimasi hasil yang paling mungkin berdasarkan data historis (Carlo et al., n.d.).

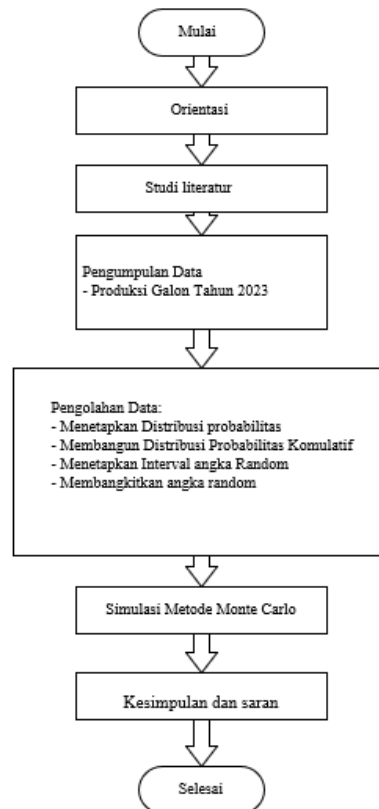
Merujuk pada permasalahan yang telah diidentifikasi, diperlukan suatu pendekatan simulatif untuk memprediksi jumlah produksi air minum dalam kemasan, khususnya galon, di PDAM Tirta Moedal Kota Semarang. Salah satu metode yang dinilai tepat untuk tujuan tersebut adalah metode Monte Carlo, yang mampu memodelkan ketidakpastian dalam proses produksi (Santoso & Basuki, 2019). Berdasarkan data yang tersedia,

penelitian ini difokuskan pada upaya prediksi dan optimalisasi produksi galon melalui penerapan metode Monte Carlo sebagai alat bantu pengambilan keputusan yang lebih akurat dan adaptif.

2. METODE

Objek penelitian ini di laksanakan di AMDK PDAM Tirta Moedal Kota Semarang. Fokus utama penelitian adalah melakukan prediksi dan optimalisasi produksi air minum dalam kemasan galon dengan menggunakan metode Monte Carlo sebagai alat bantu pengambilan keputusan yang mampu menangani ketidakpastian secara lebih akurat dan adaptif. Proses pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri atas dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

Untuk memperoleh data permasalahan yang akan di teliti, maka dirancang suatu alur penelitian yang bertujuan untuk menjelaskan Langkah-langkah penelitian berupa gambar aliran proses. Flowchart penelitian ini dibuat berdasarkan proses penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart Proses Penelitian

Uraian Kerangka Penelitian:

1. Pada tahap awal penelitian, kegiatan diawali dengan orientasi dan studi literatur. Orientasi dilakukan sebagai upaya untuk memahami struktur organisasi, proses bisnis, serta operasional produksi di PDAM Tirta Moedal Kota Semarang. Sementara itu, studi literatur bertujuan untuk meninjau teori-teori serta penelitian terdahulu yang relevan, sebagai dasar konseptual dalam menganalisis permasalahan produksi yang dihadapi perusahaan. Tahap pengumpulan data Pada tahap pengumpulan data cara yang digunakan untuk pengambilan data yaitu observasi dan wawancara
2. Tahap pengumpulan data dilakukan melalui dua metode utama, yaitu observasi langsung di lapangan serta wawancara dengan pihak-pihak terkait dalam proses produksi. Observasi dilakukan untuk memperoleh gambaran nyata mengenai alur produksi dan kendala yang dihadapi, sedangkan wawancara bertujuan menggali informasi lebih mendalam mengenai aspek teknis dan manajerial dari proses produksi galon.
3. Tahap Analisis dan Pembahasan pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap data yang telah diperoleh dengan menggunakan metode Monte Carlo. Metode ini memungkinkan dilakukannya pendekatan sistematis dan terukur dalam memahami serta mengidentifikasi penyebab mendasar dari ketidakseimbangan antara permintaan dan produksi. Proses analisis meliputi penentuan probabilitas

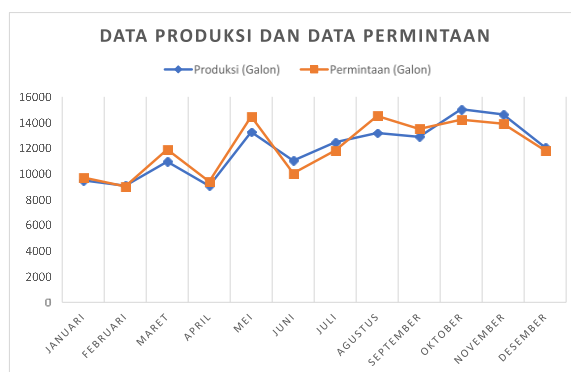
permintaan, perhitungan probabilitas kumulatif, serta pembentukan interval bilangan acak untuk keperluan simulasi. (Syafitri & Dwi Arfika, 2024)

4. Tahap Simulasi menggunakan metode monte carlo, Simulasi ini dilakukan dengan menerapkan angka acak yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya untuk memprediksi pola permintaan dan jumlah produksi galon. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan data aktual guna menilai tingkat akurasi dan validitas model prediksi. Tahap ini berfungsi untuk mengevaluasi efektivitas metode Monte Carlo dalam menghasilkan estimasi produksi yang mendekati kondisi nyata.
5. Tahap Kesimpulan dan saran Tahap akhir penelitian berfokus pada penyusunan kesimpulan berdasarkan hasil analisis dan simulasi yang telah dilakukan, serta memberikan saran perbaikan yang dapat diterapkan perusahaan. Rekomendasi difokuskan pada upaya mengatasi ketidakterpenuhinya target produksi, guna meningkatkan efisiensi dan ketepatan perencanaan produksi di masa mendatang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Identifikasi Masalah

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data produksi yang diperoleh melalui proses pengumpulan data lapangan, yang mencakup wawancara langsung dengan pihak terkait serta observasi terhadap aktivitas operasional di lokasi. Data kemudian diklasifikasikan dan disusun berdasarkan periode waktu, yakni per tahun dan per bulan, untuk memudahkan proses analisis secara kronologis dan sistematis. Berikut ini merupakan data produksi pada Tahun 2023 yang diperoleh dari AMDK PDAM Tirta Moedal Kota Semarang.



Gambar 2. Grafik Produksi Galon Tahun 2023 AMDK PDAM Tirta Moedal

Dari grafik diatas menunjukan bahwa produksi galon pada AMDK PDAM Tirta Moedal yang terealisasi mengalami fluktuasi pada setiap bulan khususnya pada bulan Maret (3), Mei (5), Juni (6), Agustus (8), dan Oktober (9). Untuk mengatasi produksi yang tidak optimal maka dari itu kami menggunakan metode monte carlo untuk memprediksi peningkatan jumlah produksi dengan tujuan permasalahan jumlah produksi balance dan optimal.

2. Pengolahan Data

Tabel 1. Data Produksi & Permintaan Pelanggan Tahun 2023 yang akan diolah dengan metode monte carlo

Bulan	Produksi (Galon)	Permintaan (Galon)
Januari	9500	9725
Februari	9080	9030
Maret	10951	11894
April	9064	9403

Bulan	Produksi (Galon)	Permintaan (Galon)
Mei	13265	14465
Juni	11026	10047
Juli	12464	11814
Agustus	13176	14511
September	12883	13503
Oktober	15038	14213
November	14622	13898
Desember	12057	11812
Jumlah	143126	144315

Dari data diatas menunjukan bahwa permintaan galon pada AMDK PDAM Tirta Moedal 144.315 galon melebihi dari proses produksi. Jika di total pada tahun 2023 kekurangan produksi hingga 1.189 galon. Maka dari itu dilakukannya prediksi produksi menggunakan metode monte carlo untuk mengantisipasi kekurangan produksi.

Proses pengolahan data dengan menggunakan metode Monte Carlo akan disajikan pada bagian berikut sebagai:

a. Perhitungan Distribusi Probabilitas (DP)

Distribusi probabilitas (DP) dihitung dengan membagi frekuensi kejadian (F) terhadap total keseluruhan frekuensi (T), sebagaimana dinyatakan dalam Persamaan (1) (Zalmadani et al., 2020):

$$D = \frac{F}{T} \quad (1)$$

Keterangan:

D = Nilai distribusi probabilitas

F = Frekuensi masing-masing kejadian

T = Total frekuensi keseluruhan

Berdasarkan data pada Tabel 4.1, nilai distribusi probabilitas akan dihitung untuk periode 12 bulan. Langkah-langkah perhitungannya disajikan pada penjelasan berikut.

$$D1 = \frac{9500}{143126} = 0,06$$

$$D2 = \frac{9080}{143126} = 0,06$$

$$D3 = \frac{10951}{143126} = 0,07$$

$$D4 = \frac{9064}{143126} = 0,06$$

$$D5 = \frac{13265}{143126} = 0,09$$

$$D6 = \frac{11026}{143126} = 0,07$$

$$D7 = \frac{12464}{143126} = 0,08$$

$$D8 = \frac{13176}{143126} = 0,09$$

$$D9 = \frac{12883}{143126} = 0,09$$

$$D10 = \frac{15038}{143126} = 0,10$$

$$D11 = \frac{14622}{143126} = 0,10$$

$$D_{12} = \frac{12057}{143126} = 0,08$$

Setelah perhitungan nilai distribusi probabilitas untuk seluruh 12 bulan (D1 hingga D12) selesai dilakukan, hasil tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel guna mempermudah interpretasi dan analisis data. Penyajian dalam bentuk tabel memungkinkan pembacaan data yang lebih sistematis dan mendukung proses lanjutan dalam metode Monte Carlo. Nilai-nilai distribusi probabilitas tersebut ditampilkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Data Produksi & Permintaan Pelanggan Tahun 2023 yang akan diolah dengan metode monte carlo

Bulan	Produksi	DP
Januari	9500	0,06
Februari	9080	0,06
Maret	10951	0,07
April	9064	0,06
Mei	13265	0,09
Juni	11026	0,07
Juli	12464	0,08
Agustus	13176	0,09
September	12883	0,09
Oktober	15038	0,10
November	14622	0,10
Desember	12057	0,08
Jumlah	143126	1,00

Setelah diperoleh nilai distribusi probabilitas untuk setiap periode, tahap selanjutnya adalah menghitung distribusi probabilitas kumulatif. Perhitungan ini didasarkan pada akumulasi dari nilai distribusi probabilitas sebelumnya, dan bertujuan untuk membentuk dasar dalam penyusunan interval angka acak pada proses simulasi Monte Carlo.

b. Perhitungan Distribusi Probabilitas Kumulatif (DPK)

Distribusi probabilitas kumulatif (DPK) diperoleh melalui proses penjumlahan bertahap dari setiap nilai distribusi probabilitas. Nilai kumulatif ini dihitung dengan menambahkan nilai distribusi probabilitas pada periode tertentu (P_i) dengan nilai distribusi kumulatif dari periode sebelumnya (D_i), sebagaimana dinyatakan dalam Persamaan (2) (Zalmadani et al., 2020):

$$DPK_i = D_{i-1} + P_i \quad (2)$$

Keterangan:

$DPK_{_i}$ = Distribusi probabilitas kumulatif ke- i

$P_{_i}$ = Nilai distribusi probabilitas pada periode ke- i

$D_{_{i-1}}$ = Nilai distribusi probabilitas kumulatif sebelumnya

Perhitungan distribusi probabilitas kumulatif (DPK) dilakukan berdasarkan data distribusi probabilitas bulanan tahun 2023. Nilai DPK diperoleh dengan menjumlahkan nilai distribusi probabilitas pada bulan ke- i dengan nilai DPK dari bulan sebelumnya. Berikut adalah tahapan perhitungannya:

$$D_1 = P_1 = 0,06$$

$$D_2 = P_2 + D_1 = 0,06 + 0,06 = 0,12$$

$$D_3 = P_3 + D_2 = 0,07 + 0,12 = 0,19$$

$$D_4 = P_4 + D_3 = 0,06 + 0,19 = 0,25$$

$$D_5 = P_5 + D_4 = 0,09 + 0,25 = 0,34$$

$$\begin{aligned}
 D_6 &= P_6 + D_5 = 0,07 + 0,34 = 0,41 \\
 D_7 &= P_7 + D_6 = 0,08 + 0,41 = 0,49 \\
 D_8 &= P_8 + D_7 = 0,09 + 0,49 = 0,58 \\
 D_9 &= P_9 + D_8 = 0,09 + 0,58 = 0,67 \\
 D_{10} &= P_{10} + D_9 = 0,10 + 0,67 = 0,77 \\
 D_{11} &= P_{11} + D_{10} = 0,10 + 0,77 = 0,87 \\
 D_{12} &= P_{12} + D_{11} = 0,09 + 0,87 = 0,96
 \end{aligned}$$

Tabel 3 Distribusi Probabilitas Kumulatif (DPK) Tahun 2023

Bulan	Produksi	DP	DPK
Januari	9500	0,06	0,06
Februari	9080	0,06	0,12
Maret	10951	0,07	0,19
April	9064	0,06	0,25
Mei	13265	0,09	0,34
Juni	11026	0,07	0,41
Juli	12464	0,08	0,49
Agustus	13176	0,09	0,58
September	12883	0,09	0,67
Oktober	15038	0,10	0,77
November	14622	0,10	0,87
Desember	12057	0,08	0,95
Jumlah	143126	1,00	-

Berdasarkan hasil perhitungan distribusi probabilitas kumulatif yang disajikan pada Tabel 3, tahap selanjutnya dalam penerapan metode Monte Carlo adalah penentuan *interval* angka acak. Interval ini ditentukan dengan mengacu pada nilai distribusi probabilitas (DP) dan distribusi probabilitas kumulatif (DPK) untuk masing-masing kategori atau periode data.

c. Penentuan Interval Acak

Penentuan interval angka acak bertujuan untuk mengelompokkan rentang angka yang akan digunakan sebagai dasar dalam proses simulasi. Rentang angka acak umumnya dinyatakan dalam skala 0 hingga 99 (atau 1 hingga 100), di mana setiap rentang mencerminkan peluang terjadinya suatu permintaan berdasarkan data historis.

Secara umum, interval ditetapkan dengan mengambil batas bawah dari angka acak sebelumnya (dimulai dari 0 atau 1), dan batas atas berdasarkan nilai distribusi kumulatif yang telah dikonversi ke bentuk persen (%). Dengan demikian, setiap angka acak yang muncul nantinya akan dapat dikategorikan ke dalam salah satu interval tersebut, sehingga prediksi permintaan atau produksi dapat dilakukan dengan lebih akurat melalui simulasi.

Selanjutnya, untuk keperluan simulasi, bilangan acak disusun dan disajikan dalam Tabel 4, yang akan digunakan untuk memetakan nilai prediksi terhadap permintaan produksi galon. Bilangan acak tersebut dipilih secara acak namun tetap dalam cakupan interval yang telah ditetapkan sebelumnya, sehingga memungkinkan tercapainya hasil simulasi yang representatif terhadap kondisi aktual.

Tabel 4 Interval Angka Acak

Bulan	Produksi	DP	DPK	Interval acak	
				Awal	Akhir
Januari	9500	0,06	0,06	1	6

Februari	9080	0,06	0,12	7	12
Maret	10951	0,07	0,19	13	19
April	9064	0,06	0,25	20	25
Mei	13265	0,09	0,34	26	34
Juni	11026	0,07	0,41	35	41
Juli	12464	0,08	0,49	42	49
Agustus	13176	0,09	0,58	50	58
September	12883	0,09	0,67	59	67
Oktober	15038	0,10	0,77	68	77
November	14622	0,10	0,87	78	87
Desember	12057	0,08	0,95	88	95
Jumlah	143126	1,00	-		

d. Pembangkitan Angka Acak Menggunakan Mixed Congruent

Dalam rangka mendukung proses simulasi Monte Carlo, angka acak perlu dibangkitkan untuk merepresentasikan variabilitas dalam data permintaan. Pembangkitan angka acak dalam penelitian ini dilakukan menggunakan Mixed Congruent Method, yaitu salah satu metode Linear Congruential Generator (LCG) yang umum digunakan untuk menghasilkan deret angka acak dengan distribusi yang dapat dianalisis secara statistik.

Algoritma yang dinyatakan dengan rumus (Zalمدani et al., 2020):

$$Z_{i+1} = (a \cdot Z_i + c) \bmod m$$

Dengan penjelasan sebagai berikut:

Z_i : Bilangan awal (dengan syarat $Z_0 \geq 0$ dan $Z_0 < m$)

a : Konstanta pengali, dengan syarat $a < m$

c : Konstanta pergeseran, dengan syarat $c < m$

m : Konstanta modulus, dengan syarat $m > 0$

\bmod : Operasi modulus

Agar bilangan acak yang dihasilkan memiliki kualitas distribusi yang baik, pemilihan parameter harus memenuhi beberapa kriteria. Parameter c dan m sebaiknya merupakan bilangan prima, serta tidak memiliki keterkaitan numerik yang erat.

Untuk keperluan penelitian ini, parameter ditetapkan sebagai berikut:

$$a = 4$$

$$c = 41$$

$$m = 97$$

$$Z_0 = 25$$

Dengan menggunakan parameter-parameter tersebut, dilakukan iterasi untuk menghasilkan deret angka acak yang akan digunakan dalam proses simulasi prediksi permintaan galon. Perhitungan dilakukan secara bertahap untuk mendapatkan nilai-nilai Z_{i+1} yang kemudian akan dikonversikan menjadi nilai dalam bentuk desimal antara 0 dan 1 untuk keperluan pemetaan pada interval distribusi probabilitas (Zalمدani et al., 2020). Perhitungan dilakukan untuk 12 bulan sebagai berikut:

Tabel 5 Perhitungan Bilangan Acak untuk Setiap Bulan Menggunakan Metode Mixed Congruent

Bulan	Perhitungan	Hasil Z_{i+1}
1	$(4 \cdot 25 + 41) \bmod 97 = 141 \bmod 97$	44
2	$(4 \cdot 44 + 41) \bmod 97 = 217 \bmod 97$	23
3	$(4 \cdot 23 + 41) \bmod 97 = 133 \bmod 97$	36
4	$(4 \cdot 36 + 41) \bmod 97 = 185 \bmod 97$	88

5	$(4 \cdot 88 + 41) \bmod 97 = 393 \bmod 97$	5
6	$(4 \cdot 5 + 41) \bmod 97 = 61 \bmod 97$	61
7	$(4 \cdot 61 + 41) \bmod 97 = 285 \bmod 97$	91
8	$(4 \cdot 91 + 41) \bmod 97 = 405 \bmod 97$	17
9	$(4 \cdot 17 + 41) \bmod 97 = 109 \bmod 97$	10
10	$(4 \cdot 10 + 41) \bmod 97 = 81 \bmod 97$	81
11	$(4 \cdot 81 + 41) \bmod 97 = 365 \bmod 97$	74
12	$(4 \cdot 74 + 41) \bmod 97 = 337 \bmod 97$	46

Hasil bilangan acak dari perhitungan di atas disajikan secara sistematis dalam Tabel 6 untuk digunakan pada tahap simulasi selanjutnya, yaitu pemetaan bilangan acak ke dalam interval distribusi probabilitas kumulatif guna memperoleh nilai prediksi produksi pada masing-masing bulan.

Tabel 6 Perhitungan Angka Acak

i	Zi	(a. Zi + c)	Zi + 1 - (a. Zi + c) Mod m	
0	25	141	Z1	44
1	44	217	Z2	23
2	23	133	Z3	36
3	36	185	Z4	88
4	88	393	Z5	5
5	5	61	Z6	61
6	61	49	Z7	91
7	91	405	Z8	17
8	17	109	Z9	10
9	10	81	Z10	81
10	81	365	Z11	74
11	74	337	Z12	46

e. Membuat Serangkaian Simulasi

Tahap selanjutnya dalam metode simulasi ini adalah memasukkan angka acak yang telah dibangkitkan menggunakan Mixed Congruent Method (disajikan pada Tabel 4.6) ke dalam interval angka acak yang telah ditentukan sebelumnya. Proses pencocokan ini dilakukan untuk memperoleh nilai produksi galon yang diprediksi pada setiap bulan selama tahun 2024.

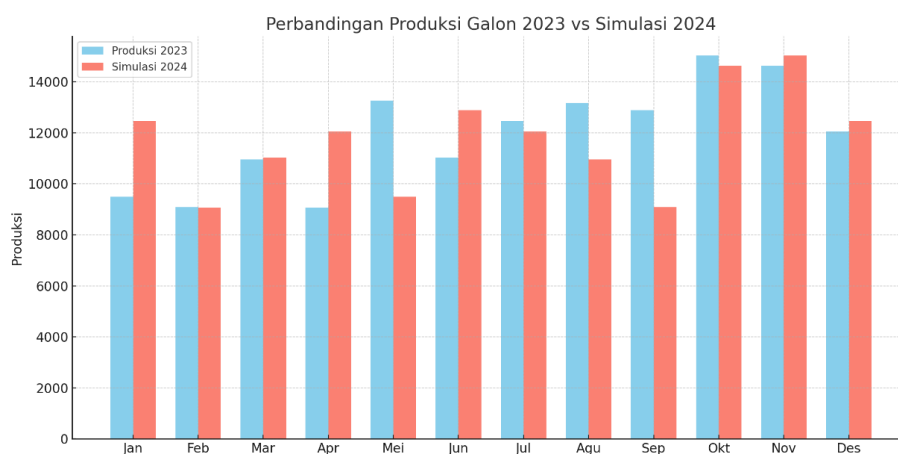
Simulasi ini didasarkan pada prinsip bahwa setiap angka acak yang jatuh dalam suatu interval distribusi kumulatif akan diasosiasikan dengan nilai produksi yang sesuai dengan data historis tahun 2023.

Berikut ini adalah hasil akhir dari simulasi prediksi produksi galon pada tahun 2024 berdasarkan angka acak yang telah dihasilkan:

Tabel 7 Hasil Simulasi Prediksi Produksi Galon 2024

Bulan	Produksi 2023	Produksi 2024 (Simulasi)	Selisih	Persentase Perubahan
Januari	9500	12464	2964	+31,20%
Februari	9080	9064	-16	-0,18%
Maret	10951	11026	75	+0,68%
April	9064	12057	2993	+33,02%

Bulan	Produksi 2023	Produksi 2024 (Simulasi)	Selisih	Persentase Perubahan
Mei	13265	9500	-3765	-28,38%
Juni	11026	12883	1857	+16,84%
Juli	12464	12057	-407	-3,27%
Agustus	13176	10951	-2225	-16,89%
September	12883	9080	-3803	-29,52%
Oktober	15038	14622	-416	-2,77%
November	14622	15038	416	+2,85%
Desember	12057	12464	407	+3,38%
Total	143126	141206	-1920	-1,34%



Gambar 3 Perbandingan Produksi Galon 2023 vs Simulasi 2024

Hasil yang didapat dari simulasi metode Monte Carlo untuk prediksi produksi air dalam galon di AMDK PDAM Tirta Moedal Kota Semarang menunjukkan bahwa produksi tiap bulannya dalam 1 tahun mengalami peningkatan dan penurunan. Berdasarkan simulasi menggunakan metode Monte Carlo, dapat dihasilkan total produksi tahun 2024 sebesar 141,206 galon, menurun dibandingkan produksi tahun 2023 yang sebesar 143,126 galon, atau mengalami penurunan sekitar 1,34%.

Simulasi Monte Carlo memberikan gambaran probabilistik yang bermanfaat untuk memahami variasi dan ketidakpastian dalam proses produksi. Dengan hasil ini, manajemen PDAM dapat melakukan evaluasi terhadap faktor-faktor produksi yang paling berkontribusi terhadap penurunan output tahunan, serta menetapkan strategi perbaikan seperti peningkatan efisiensi mesin, penjadwalan ulang pemeliharaan, atau optimalisasi tenaga kerja.

Selain itu, hasil ini juga menunjukkan pentingnya pendekatan berbasis data dalam perencanaan produksi jangka panjang, untuk mengantisipasi fluktuasi permintaan dan mengelola kapasitas produksi secara lebih adaptif. Dengan pemanfaatan metode simulasi seperti Monte Carlo, PDAM memiliki alat prediktif yang kuat dalam merancang kebijakan produksi yang lebih responsif dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi monte carlo diperoleh hasil prediksi produksi air pada galon di AMDK PDAM Tirta Moedal Kota Semarang secara keseluruhan, meskipun terdapat lonjakan produksi signifikan pada bulan Januari (+31,20%) dan April (+33,02%), penurunan produksi terbesar terjadi pada bulan Mei (-28,38%) dan September (-29,52%), yang menunjukkan adanya fluktuasi yang cukup besar dalam hasil produksi sepanjang tahun. Meskipun beberapa bulan mengalami peningkatan, penurunan tahunan sebesar 1,34% menandakan bahwa faktor-faktor tertentu mungkin mempengaruhi hasil produksi secara keseluruhan, sehingga meskipun ada lonjakan, produksi secara tahunan tetap mengalami penurunan.

5. REFERENCES

- Carlo, M., Carlo, M., Carlo, M., Carlo, M., Carlo, I. M., Carlo, M., Carlo, M. M., Carlo, P. M., Carlo, M. M., Generator, L. C., Random, M., Generator, N., Congruential, M., Number, R., & Carlo, M. (n.d.). *Metode simulasi montecarlo*.
- Caron, J., & Markusen, J. R. (2016). *Gambaran Umum Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang*. 1–23.
- Comission, E. (2016). 済無No Title No Title No Title. 4(1), 1–23.
- Krisnawati, D. (2016). Pengaruh Brand Awareness Terhadap Keputusan Pembelian Amdk Merek Aqua (Studi Pada Masyarakat Di Kota Bandung). *Jurnal Manajemen Bisnis Krisnadwipayana*, 4(1). <https://doi.org/10.35137/jmbk.v4i1.30>
- Li, M., Yang, F., Uzsoy, R., & Xu, J. (2016). A metamodel-based Monte Carlo simulation approach for responsive production planning of manufacturing systems. In *Journal of Manufacturing Systems* (Vol. 38). <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.11.004>
- Mahessya, R. A. dkk. (2017). •t~^ E f{•[fX•Ã•k'İ, "g"®ŠÖ. *Computer Science Journal*, 7, 107–118.
- Munawaroh, S. (2020). Analisis Struktur, Perilaku dan Kinerja Industri Kreatif di Indonesia. *Indonesian Journal of Social and Political and Political Sciences*, 1(2), 1–17. <https://journal.epistemikpress.id/index.php/Epistemik/article/view/39>
- Prastyo, W. (2023). *Analisis Time Series Forecasting Dalam Memprediksi Produksi Tanaman Pangan Padi Di Indonesia Menggunakan Algoritma Regresi Linear*.
- Ronika, Z. C., Manulang, A. D. X., & Tarina, D. D. Y. (2022). Penyediaan Air Bersih Dan Sanitasi Dalam Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal SDGs*, 1(1), 1–6.
- Santoso, T., & Basuki, A. (2019). *Metode Simulasi Monte Carlo*. 7(x), 1–16. <https://pdfcoffee.com/qdownload/makalah-simulasi-monte-carlo-pdf-free.html>
- Syafitri, I., & Dwi Arfika, D. (2024). Penerapan Metode Monte Carlo Pada Simulasi Prediksi Permintaan Mobil. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(4), 5820–5826. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i4.10050>
- Widyastuti, N., & Rahardja, E. (2018). Analisis pengaruh stres kerja, kompensasi, dan employee engagement terhadap kinerja pegawai (studi pada pegawai PDAM Tirta Moedal Kota Semarang). *Diponegoro Journal of Management*, 7(1), 1–11. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/dbr>
- Zalmadani, H., Santony, J., & Yunus, Y. (2020). Prediksi Optimal dalam Produksi Bata Merah Menggunakan Metode Monte Carlo. *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 2(1), 13–20. <https://doi.org/10.37034/infeb.v2i1.11>