

## Analisis Persediaan dengan Metode Simulasi Monte Carlo dan Model P-Backorder Produk Ascorbic Acid di PT X

Alya Alawiyah

Program Studi Teknik Industri, Universitas Widyatama, Kota Bandung

[alya.alawiyah@widyatama.ac.id](mailto:alya.alawiyah@widyatama.ac.id)

### Abstrak

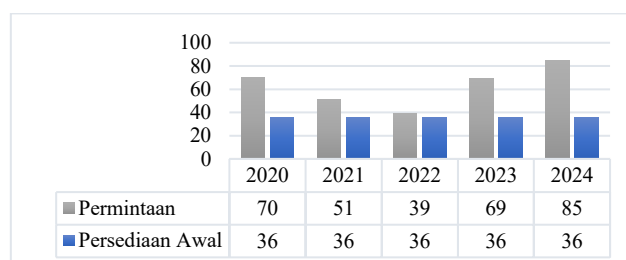
*Working Standard (WS)* merupakan sebuah baku kerja yang digunakan sebagai standar dalam analisis di Laboratorium QC. Persediaan *WS Ascorbic Acid* di Laboratorium QC PT X mengalami masalah kekurangan stok (*stockout*) dalam satu tahun terakhir sebesar 49 botol akibat terjadi fluktuasi permintaan dan belum adanya kebijakan perusahaan yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kebijakan persediaan yang ada dan merumuskan kebijakan pengendalian persediaan yang lebih efisien menggunakan pendekatan simulasi *Monte Carlo* dan metode Probabilistik Model P *Backorder*. Simulasi *Monte Carlo* digunakan untuk memperkirakan permintaan mendatang berdasarkan distribusi probabilitas historis, sedangkan Model P-*Backorder* digunakan untuk menentukan waktu pemesanan optimal dan menghitung total biaya persediaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total biaya kebijakan perusahaan saat ini sebesar Rp 3.696.667 dapat ditekan menjadi Rp 2.963.887 dengan pendekatan yang diusulkan, menghasilkan penghematan sebesar Rp 732.780 atau setara dengan 19,8%. Kombinasi metode usulan ini terbukti efektif dalam mengurangi risiko kekurangan stok, meminimalkan pembelian tidak terjadwal, serta mendukung perencanaan pengadaan yang lebih sistematis. Dengan demikian, kombinasi simulasi *Monte Carlo* dan Model P *Backorder* dapat menjadi solusi alternatif dalam menghadapi ketidakpastian permintaan *WS Ascorbic Acid* di Laboratorium QC PT X.

**Kata Kunci:** Persediaan, *Stockout*, *Monte Carlo*, Model P-*Backorder*

### I. Pendahuluan

Persediaan merupakan sebuah komponen penting yang perlu diperhatikan oleh perusahaan. Jumlah dan ketersediaannya harus dikelola secara tepat agar kegiatan operasional perusahaan tetap berjalan lancar. Pengendalian persediaan perlu dilakukan oleh perusahaan untuk menentukan jumlah bahan baku yang tepat guna mencegah pemborosan biaya dan menjaga efisiensi operasional (Rahmatulloh & Arifin, 2022).

Dalam industri farmasi, kualitas produk merupakan hal yang penting dan selalu diperhatikan oleh perusahaan karena berkaitan langsung dengan kesehatan dan keselamatan masyarakat. Departemen *Quality Control (QC)* bertanggung jawab sepenuhnya atas kualitas semua produk yang akan diproduksi itu sudah memenuhi standar yang ditetapkan. Salah satu elemen penting dalam proses analisa pengujian kualitas produk di Laboratorium QC ialah penggunaan standar baku kerja (*Working Standard*). *WS* ini berfungsi sebagai acuan dalam proses analisa dan menjadi pembanding yang menentukan apakah kadar suatu bahan baku yang terkandung dalam produk obat tersebut telah memenuhi spesifikasi atau tidak.



Gambar 1 Grafik Permintaan dan Persediaan *WS Ascorbic Acid*

(Sumber: Laporan Pengadaan PT X Tahun 2020-2024)

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa dalam beberapa tahun terakhir, ketersediaan *WS Ascorbic Acid* menjadi masalah yang sering muncul di Laboratorium QC PT X. *WS Ascorbic Acid* ini selalu mengalami kekurangan stok (*stockout*) dari persediaan awal. Hal ini terjadi karena permintaan untuk pengujian yang fluktuatif dan belum adanya kebijakan persediaan yang tepat di Laboratorium QC tersebut.

**Tabel 1 Data Persediaan Perusahaan**

Bulan	Persediaan (botol)	Permintaan (botol)	Sisa Stock (botol)	Stockout (botol)
Januari		8	0	8
Februari		6	0	6
Maret		5	0	5
April	36	6	11	0
Mei		6	5	0
Juni		9	0	4
Juli		7	0	7
Agustus	36	9	16	0
September		8	8	0
Oktober		8	0	0
November		7	0	7
Desember	36	6	23	0
<b>Jumlah</b>		<b>85</b>	<b>23</b>	<b>37</b>

(Sumber: Laporan Pengadaan PT X, 2024)

Menimbang sifat permintaan yang fluktuatif, metode simulasi *Monte Carlo* dinilai tepat untuk memprediksi permintaan pada periode mendatang. Penelitian Dewi et al., (2020), menyebutkan bahwa simulasi *Monte Carlo* adalah suatu metode yang digunakan untuk menghasilkan sebuah hasil atau prediksi dari suatu distribusi probabilitas. Dengan simulasi ini, perusahaan dapat memprediksi permintaan sehingga dapat menghemat biaya pemesanan.

Selain simulasi *Monte Carlo*, dalam penelitian ini juga menggunakan metode Model *P-Backorder* untuk menentukan waktu pemesanan optimal dan menghitung total biaya persediaan. Pemilihan metode ini juga didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Putri et al., (2024), yang menerapkan pendekatan serupa dalam pengendalian persediaan kemasan botol air minum dalam kemasan (AMDK) dan terbukti berhasil menurunkan total biaya persediaan hingga 58,1% serta mampu menghitung kebutuhan *safety stock* dan reorder point dengan lebih akurat. Berdasarkan hasil tersebut, metode ini dinilai sesuai untuk diterapkan dalam pengelolaan persediaan *WS Ascorbic Acid* di Laboratorium QC PT X, yang juga menghadapi tantangan terkait fluktuasi permintaan dan belum memiliki kebijakan persediaan yang optimal.

## II. Studi Literatur Persediaan

Persediaan merupakan komponen penting dalam aktivitas perusahaan yang berpengaruh langsung terhadap profitabilitas. Menurut Yuniasih & A'yuni, (2024), persediaan adalah bahan baku yang belum digunakan namun bisa diolah menjadi barang yang bernilai lebih. Keberadaannya berperan penting untuk menjaga kelancaran permintaan, mengontrol biaya, dan menyesuaikan strategi pembelian ketika ada potongan harga. Selain berfungsi untuk memenuhi permintaan dan mengendalikan biaya, menurut (Maitra, 2024), persediaan juga berperan sebagai variabel strategis dalam rantai pasok yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan profit dan produktivitas.

Berdasarkan pendapat para ahli, persediaan merupakan unsur penting bagi perusahaan karena menentukan kelancaran produksi, pemenuhan permintaan, dan pengendalian biaya. Selain itu, persediaan juga berperan strategis dalam rantai pasok untuk mendukung efisiensi, profitabilitas dan produktivitas perusahaan.

### Jenis Persediaan

Menurut Bahagia, (2006), persediaan pada umumnya terbagi menjadi tiga jenis berdasarkan tahap keberadaannya:

- Bahan baku (*raw material*), merupakan komponen awal yang akan mengalami proses produksi sebelum berubah menjadi produk akhir.
- Barang setengah jadi (*work in process*), adalah bentuk sementara dari bahan baku yang sedang dalam proses menuju produk jadi.
- Barang jadi (*finished good*), merupakan hasil akhir dari proses produksi yang sudah siap dipasarkan.

### Fungsi Persediaan

Persediaan berperan dalam mengantisipasi fluktuasi harga dan inflasi, mencegah potensi kekosongan stok akibat faktor eksternal seperti kondisi cuaca, keterbatasan pasokan, permasalahan kualitas, maupun hambatan pengiriman, sehingga kegiatan operasional dapat tetap berlangsung secara optimal. Terdapat tiga fungsi utama dari persediaan, yaitu:

#### Fungsi *Decoupling*

Fungsi ini memungkinkan perusahaan tetap dapat memenuhi permintaan konsumen tanpa sepenuhnya bergantung pada ketersediaan pasokan dari pihak luar.

#### Fungsi *Economic Lot Sizing*

Perusahaan bisa mengatur persediaan dalam jumlah tertentu agar pemanfaatan sumber daya menjadi lebih efisien.

#### Fungsi *Anticipation*

Persediaan juga berperan penting dalam mengantisipasi ketidakpastian, baik dari sisi waktu pengiriman maupun fluktuasi permintaan.

### Pengendalian Persediaan

Pengendalian persediaan yang efektif bukan hanya tentang mencatat jumlah barang, tetapi juga memahami dinamika permintaan, siklus pengadaan, serta faktor eksternal yang dapat mempengaruhi kelancaran pasokan barang.

Pengendalian persediaan sangat penting dalam membantu perusahaan menjaga keseimbangan antara dua aspek yang saling bertentangan, yaitu biaya penyimpanan dan ketersediaan barang. Biaya penyimpanan yang tinggi timbul akibat kelebihan persediaan barang, yang dapat memicu biaya tambahan untuk gudang, asuransi, serta risiko barang rusak atau kadaluarsa. Menurut Prawita et al., (2020), kekurangan persediaan barang dapat menyebabkan *stockout* dan menghambat pemenuhan permintaan pelanggan. Hal ini tentu berisiko menyebabkan hilangnya peluang penjualan, ketidakpuasan pelanggan, dan bahkan kerusakan pada reputasi perusahaan di mata konsumen.

### Biaya Persediaan

Menurut (Heizer & Render, 2022), biaya manajemen persediaan terbagi menjadi tiga komponen utama, meliputi:

- Biaya penyimpanan, merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk menyimpan persediaan selama jangka waktu tertentu.
- Biaya pemesanan, merupakan biaya yang berkaitan dengan pemrosesan dan persediaan formulir pesanan.
- Biaya pemasangan, merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk menyiapkan proses menghasilkan pesanan.

### Simulasi Monte Carlo

*Monte Carlo* adalah suatu metode yang digunakan untuk menghasilkan sebuah hasil atau prediksi dari suatu distribusi probabilitas. Dijelaskan bahwa terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan untuk membuat sebuah simulasi *Monte Carlo* adalah sebagai berikut: (Dewi et al., 2020)

**Menentukan Distribusi Probabilitas**

$$P = \frac{F}{J} \quad (1)$$

Keterangan:

P = Distribusi Probabilitas

F = Frekuensi

J = Total Frekuensi

**Menentukan Distribusi Probabilitas Kumulatif**

$$DPK = AK + JK \quad (2)$$

Keterangan:

DPK = Distribusi Probabilitas Kemungkinan

AK = Angka Kemungkinan

JA = Jumlah Angka Sebelumnya

**Menentukan Interval Bilangan Random**

Interval angka acak ditentukan dengan cara melihat probabilitas kumulatif yang telah diperoleh sebelumnya. Setiap variabel akan memiliki intervalnya masing-masing.

**Membangkitkan Bilangan Random**

Proses pembuatan angka acak dalam penelitian ini dilakukan dengan cara memanfaatkan fungsi bawaan Microsoft Excel, yaitu:

$$\text{RAND()}*100 \quad (3)$$

**Melakukan Simulasi Monte Carlo**

Simulasi *Monte Carlo* dilakukan dengan cara mencocokkan angka-angka acak yang telah dibangkitkan dengan interval angka acak yang telah ditentukan sebelumnya. Melalui proses ini, kita dapat memperkirakan nilai atau kejadian yang kemungkinan besar akan muncul berdasarkan distribusi yang sudah dibuat.

**Economic Order Quantity (EOQ)**

Metode *Economic Order Quantity* (EOQ) merupakan metode untuk menentukan jumlah pemesanan optimal yang dapat meminimalkan total biaya persediaan. Biaya yang diperhitungkan dalam model ini mencakup biaya pemesanan (*order cost*), biaya penyimpanan (*holding cost*), serta aspek pengendalian persediaan lainnya seperti *safety stock* dan *reorder point*.

**Probabilistik Model P Backorder**

Model P memiliki karakteristik yang ditandai dengan 2 elemen dasar sebagai berikut:

Pemesanan dilakukan dengan interval waktu yang tetap ( $T$ ). Ukuran lot pemesanan ( $q_0$ ) adalah selisih antara persediaan maksimum yang diinginkan ( $R$ ) dengan persediaan yang ada pada saat pemesanan dilakukan ( $r$ ). Model P Backorder ini ditandai dengan interval waktu pemesanan yang tetap ( $T$ ), namun ukuran lot pemesanan yang berubah-ubah. Sebelum melakukan perhitungan kebijakan persediaan dengan model P Backorder, perlu dilakukan perhitungan total biaya persediaan ( $OT$ ) sebagai berikut:

**Ongkos Pembelian ( $Ob$ )**

$$Ob = D \times p \quad (4)$$

**Ongkos Pengadaan ( $Op$ )**

$$Op = \frac{A}{T} \quad (5)$$

**Ongkos Simpan dengan cara Backorder**

$$O_s = h(R - DL - TD_0) \tag{6}$$

**Ongkos Kekurangan (*Ok*)**

$$O_k = \frac{CuN}{T} \tag{7}$$

Rumus untuk ongkos total dapat dihitung dengan persamaan (8).

$$OT = Dp + \frac{A}{T} + h\left(R - DL - \frac{DT}{2}\right) + \frac{Cu}{T}N \tag{8}$$

Sebelum menghitung ongkos total, perlu dilakukannya perhitungan model P *Backorder* dengan metode Hadley-Whitin menggunakan rumus sebagai berikut:

**Menghitung nilai  $T_0$**

$$T_0 = \sqrt{\frac{2A}{Dh}} \tag{6}$$

**Menghitung nilai  $\alpha$  dan R**

$$\alpha = \frac{Th}{CU} \tag{7}$$

$$R = D(T + L) + Z_\alpha S\sqrt{T} + L \tag{8}$$

**Menghitung total ongkos persediaan (*OT*)**

Ongkos total persediaan dapat dihitung dengan melihat persamaan (10).

$$OT = Ob + Op + Os + Ok \tag{10}$$

Mengulangi langkah b dengan  $T_0 = T_0 + \Delta T_0$

Jika hasil  $(OT)_0$  baru lebih besar dari  $(OT)_0$  awal, iterasi penambahan  $T_0$  dihentikan. Kemudian dilakukan dengan iterasi pengurangan  $T_0 = T_0 + \Delta T_0$  sampai ditemukan  $T^* = T_0$  yang memberikan nilai ongkos  $(OT)^*$  minimal.

Jika hasil  $(OT)_0$  lebih kecil dari  $(OT)_0$  awal, iterasi penambahan ( $T_0 = T_0 + \Delta T_0$ ) dilanjutkan dan baru berhenti apabila  $(OT)_0$  baru lebih besar dari  $(OT)_0$  yang dihitung sebelumnya. Harga  $T_0$  yang memberikan nilai ongkos total terkecil  $(OT)^*$  merupakan selang waktu optimal  $T^*$ .

**Menghitung *Safety Stock***

$$ss = Z_\alpha S\sqrt{L} \tag{11}$$

Pemilihan metode ini juga didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Putri et al., 2024), yang menerapkan pendekatan serupa dalam pengendalian persediaan kemasan botol AMDK dan terbukti berhasil menurunkan total biaya persediaan hingga 58,1% serta mampu menghitung kebutuhan *safety stock* dan *reorder point* dengan lebih akurat. Lebih lanjut, penelitian (Enggar et al., 2022) menyimpulkan bahwa model probabilistik P *Backorder* berhasil menentukan kebijakan persediaan dengan biaya minimum untuk material gula. Efektivitas ini juga sejalan dengan hasil penelitian (Yudistira et al., 2024) yang menerapkan Simulasi *Monte Carlo* dan EOQ Probabilistik untuk empat material utama, di mana metode tersebut berhasil menekan biaya hingga jutaan rupiah dan meningkatkan efisiensi operasional.

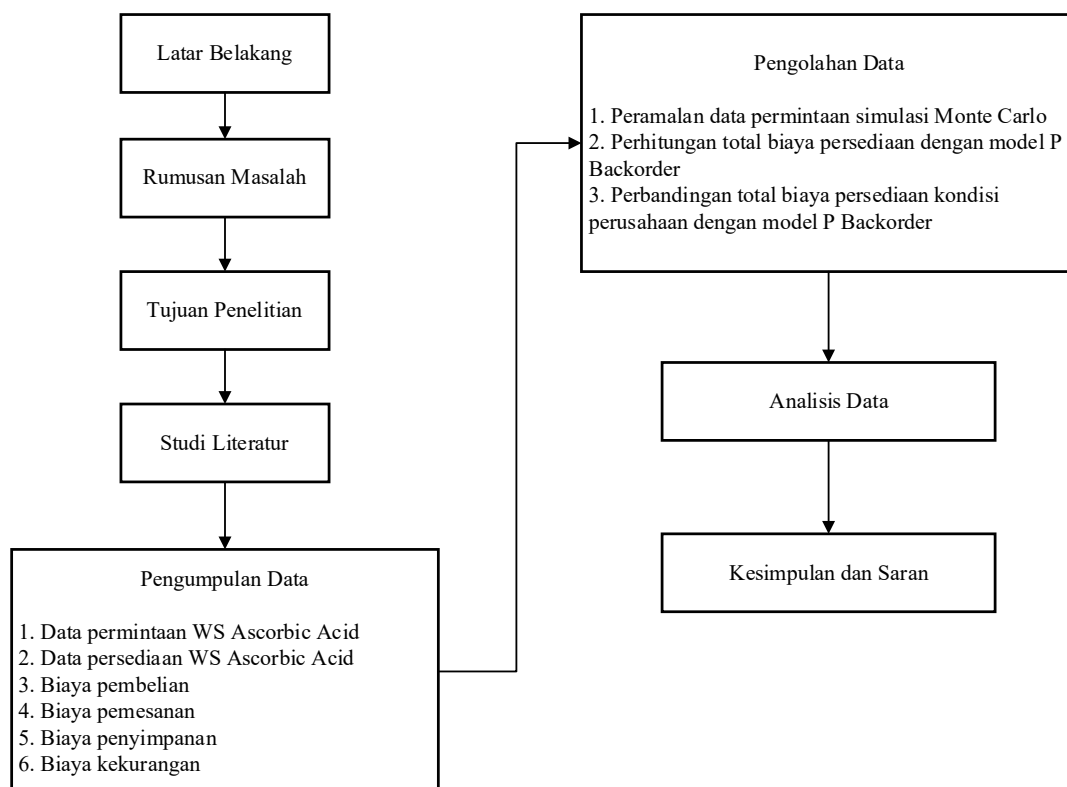
Berdasarkan beberapa hasil penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa kombinasi antara simulasi *Monte Carlo* untuk memodelkan ketidakpastian permintaan dan Model P *Backorder* untuk menentukan kebijakan persediaan merupakan metodologi yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan pengelolaan persediaan *WS Ascorbic Acid* yang fluktuatif di Laboratorium QC PT X. Metode ini diharapkan dapat

menghasilkan kebijakan pengadaan yang optimal dan meminimalisir total biaya persediaan yang harus dikeluarkan perusahaan.

### III. Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian ini disusun secara terstruktur untuk menjawab permasalahan tersebut. Langkah pertama dimulai dari pengumpulan data historis selama tahun 2024, yang mencakup jumlah pemakaian dan pembelian, waktu tunggu (*lead time*), serta komponen biaya seperti biaya pesan, biaya simpan, dan biaya kekurangan. Setelah data terkumpul, tahap selanjutnya adalah pemodelan permintaan dengan menggunakan simulasi *Monte Carlo*. Metode ini digunakan untuk menggambarkan pola permintaan yang tidak pasti dan cenderung berubah-ubah, berdasarkan distribusi probabilitas dari data historis. Hasil simulasi permintaan tersebut kemudian dijadikan dasar dalam penerapan Model P *Backorder*, yaitu model pengendalian persediaan periodik yang memungkinkan kekurangan terpenuhi di periode berikutnya. Melalui model ini, dilakukan perhitungan parameter kebijakan persediaan yang optimal, seperti kemungkinan kekurangan inventori ( $\alpha$ ), inventori maksimum yang diharapkan ( $R$ ) dan ongkos total pertahun ( $OT$ ).

Tahapan akhir dari penelitian ini adalah evaluasi terhadap hasil perhitungan tersebut, dengan membandingkan total biaya sebelum (kebijakan perusahaan saat ini) dan sesudah penerapan model usulan, untuk melihat potensi efisiensi dan penghematan yang dapat dicapai. Keseluruhan proses dirancang untuk menghasilkan kebijakan pengadaan yang lebih tepat guna dan adaptif terhadap fluktuasi permintaan. Ilustrasi alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Flowchart Penelitian

### IV. Hasil dan Pembahasan

Kebijakan perusahaan terkait persediaan dibuat dengan asumsi bahwa kebutuhan setiap laboratorium bersifat tetap dan merata. PT X menyediakan 36 botol *WS Ascorbic Acid* sebagai persediaan di tiga Laboratorium QC selama satu tahun ke depan. Data tahun 2024 pada Tabel 2 menunjukkan terjadinya *stockout* di beberapa bulan. Hal ini mengakibatkan perusahaan melakukan pemesanan berulang kali sepanjang tahun, akhirnya meningkatkan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan.

**Tabel 2 Persediaan dan Permintaan *WS Ascorbic Acid***

Bulan	Persediaan (botol)	Permintaan (botol)	Sisa Stock (botol)	Stockout (botol)
Januari	Pesan	8	0	-8
Februari		6	0	-6
Maret		5	0	-5
April	36	6	11	0
Mei	Pesan	6	5	0
Juni		9	0	-4
Juli		7	0	-7
Agustus	36	9	16	0
September	Pesan	8	8	0
Oktober		8	0	0
November		7	0	-7
Desember	36	6	23	0
<b>Jumlah</b>		<b>85</b>	<b>23</b>	<b>37</b>

### Simulasi *Monte Carlo*

Simulasi *Monte Carlo* dalam penelitian ini bertujuan untuk meramalkan data permintaan *WS Ascorbic Acid* pada periode berikutnya dengan mengambil data historis permintaan pada tahun 2020-2024. Tahapan dalam metode simulasi *Monte Carlo* mencakup menentukan distribusi probabilitas, menentukan distribusi probabilitas kumulatif, menentukan interval bilangan acak tersaji pada Tabel 3.

**Tabel 3 Perhitungan *Monte Carlo***

Jumlah permintaan	Frekuensi	Probabilitas	Probabilitas Kumulatif	Interval Bilangan Random
5	1	0.0833	0.08	0-8
6	4	0.3333	0.42	9-42
7	2	0.1667	0.58	43-58
8	3	0.2500	0.83	59-83
9	2	0.1667	1.00	84-100
n	12	1.00		

### Membangkitkan Bilangan Random

Proses pembangkitan ini dilakukan untuk periode 12 bulan, sehingga diperoleh 12 kali replikasi dengan total 144 bilangan random. Bilangan random yang dihasilkan kemudian digunakan sebagai dasar simulasi untuk mempresentasikan variasi permintaan pada setiap periode. Data bilangan random yang dihasilkan selengkapnya disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4 Pembangkitan Bilangan Random Permintaan *WS Ascorbic Acid***

Bulan	Replikasi											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Januari	31	19	78	11	9	15	87	85	73	57	51	73
Februari	43	19	96	88	0	43	91	50	26	89	15	15
Maret	36	39	21	19	70	25	57	36	44	44	8	12
April	48	87	68	26	31	68	85	80	71	26	1	21
Mei	34	19	31	42	95	69	87	75	77	42	57	48
Juni	1	42	21	66	11	79	45	60	54	17	14	27
Juli	14	20	22	27	52	99	62	97	56	68	75	37
Agustus	8	98	28	88	78	50	50	52	49	22	71	51
September	29	63	82	92	29	33	31	22	82	75	67	93
Oktober	55	14	34	76	59	3	61	53	82	78	76	32
November	16	79	45	79	38	11	98	6	80	95	33	56
Desember	84	32	41	23	41	89	89	67	3	23	14	37

Setelah data hasil simulasi diperoleh, tahap berikutnya adalah melakukan uji kecukupan replikasi. Uji kecukupan ini bertujuan untuk memastikan apakah jumlah replikasi yang dilakukan sudah memadai agar

nilai rata-rata hasil simulasi yang diperoleh benar-benar representatif dengan tingkat kepercayaan tertentu. Perhitungan jumlah replikasi minimum dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

**Absolute Error**

$$n = \left( \frac{\frac{Z\alpha}{2} s}{e} \right)^2$$

$$n = \left( \frac{1,96 \times 1,53}{0,5} \right)^2$$

$$n = 36 \text{ replikasi.}$$

**Relative Error**

$$n = \left( \frac{\frac{Z\alpha}{2} s}{\bar{x}} \cdot \frac{1 + re}{re} \right)^2$$

$$n = \left( \frac{1,96 \times 1,53}{5,18} \cdot \frac{1 + 0,0965}{0,0965} \right)^2$$

$$n = 43 \text{ replikasi.}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, hasil dari absolute error diperoleh kebutuhan minimum 36 replikasi, sedangkan *relative error* sebesar 43 replikasi. Jumlah replikasi aktual yang dijalankan penelitian ini adalah 144 replikasi, maka dapat disimpulkan bahwa jumlah tersebut sudah lebih dari cukup untuk mencapai tingkat presisi yang diinginkan. Dengan demikian, hasil simulasi yang diperoleh dapat dianggap representatif dan reliabel pada tingkat kepercayaan 95%.

**Simulasi**

Berdasarkan bilangan random yang telah dihasilkan dan interval yang ditentukan sebelumnya, maka dilanjutkan simulasi permintaan untuk *WS Ascorbic Acid* selama satu tahun ke depan. Hasilnya menunjukkan permintaan per-replikasi berkisar antara 52-67 botol (unit)/tahun. Data hasil simulasi permintaan disajikan dalam Tabel 5.

**Tabel 5 Hasil Simulasi Bilangan Random**

Bulan	Simulasi											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Januari	6	6	8	6	5	6	9	9	8	7	7	8
Februari	7	6	9	9	5	7	9	7	6	9	6	6
Maret	6	6	6	6	8	6	7	6	7	7	5	6
April	7	9	8	6	6	8	9	8	8	6	5	6
Mei	6	6	6	6	9	8	9	8	8	6	7	7
Juni	5	6	6	8	6	8	7	8	7	6	6	6
Juli	6	6	6	6	7	9	8	9	7	8	8	6
Agustus	5	9	6	9	8	7	7	7	7	6	8	7
September	6	8	9	9	6	6	6	6	8	8	8	9
Oktober	7	6	6	8	8	5	8	7	8	8	8	6
November	6	8	7	8	6	6	9	5	8	9	6	7
Desember	9	6	6	6	6	9	9	8	5	6	6	6
<b>Jumlah</b>	<b>76</b>	<b>82</b>	<b>83</b>	<b>87</b>	<b>80</b>	<b>85</b>	<b>97</b>	<b>88</b>	<b>87</b>	<b>86</b>	<b>80</b>	<b>80</b>

**Perhitungan Error**

Evaluasi akurasi dari hasil simulasi permintaan dilakukan dengan menggunakan tiga metode pengukuran kesalahan (error) dalam peramalan, yaitu *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Squared Error* (MSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Ketiga metode pengukuran ini dipilih karena masing-masing memberikan perspektif yang berbeda terhadap tingkat kesalahan peramalan. Pengukuran kesalahan (*error*) dalam simulasi *Monte Carlo* ini dapat disajikan dalam Tabel 6.

**Tabel 6 Pengukuran *Error* pada Hasil Simulasi Monte Carlo**

Replikasi ke-	<i>Error</i>		
	MAD	MSE	MAPE
1	1,1	1,6	20%
2	1,5	3,2	28,9%
3	1,1	1,9	20,6%
4	1,5	3,2	28,6%
5	1,3	3,3	24,7%
6	1,3	2,6	23,6%
7	1,3	3,1	24,2%
8	1,0	2,3	19,4%
9	1,1	2,1	20,5%
10	1,3	2,7	25%
11	1,5	3,3	28,1%
12	0.9	1,9	17,5%

Berdasarkan Tabel 5, hasil dari replikasi ke-12 menunjukkan pengukuran *error* terendah dengan hasil MAD 0,9, MSE 1,9 dan MAPE 17,5%. Hasil replikasi ke-12 ini menjadi acuan dalam tahap perhitungan lanjutan di metode P *Backorder* sebagai data permintaan.

**Parameter Model P *Backorder***

Berikut merupakan parameter yang digunakan untuk perhitungan metode probabilistik model P-*Backorder*:

**Tabel 7 Parameter Perhitungan**

Parameter	Nilai	Satuan
Harga Barang ( <i>p</i> )	Rp 21.780	unit
Ongkos Pesan ( <i>A</i> )	Rp 569.250	pesanan
Ongkos Simpan ( <i>h</i> )	Rp 32.875	unit/tahun
Ongkos Kekurangan ( <i>Cu</i> )	Rp 31.260	unit/tahun
Standar Deviasi ( <i>S</i> )	2	unit/tahun
<i>Lead Time</i> ( <i>L</i> )	3	bulan
	0,25	tahun
Kemungkinan kekurangan ( $\alpha$ )	0,4	%

**Kebijakan Perusahaan**

Total biaya kebijakan perusahaan diambil berdasarkan data historis tahun 2024. Hasil perhitungan biaya pada kebijakan perusahaan dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8 Total Biaya Kebijakan Perusahaan**

No	Jenis Ongkos	Jumlah
1	Ongkos beli ( <i>Ob</i> )	Rp 1.263.240
2	Ongkos pesan ( <i>Op</i> )	Rp 1.707.750
3	Ongkos simpan ( <i>Os</i> )	Rp 756.126
4	Ongkos kekurangan ( <i>Ok</i> )	Rp 1.156.646
5	Ongkos Total	Rp 3.696.667

**Kebijakan Persediaan Optimal Model P *Backorder***

Kebijakan inventori ditentukan menggunakan model probabilistik P *Backorder* dengan metode Hadley-Within. Variabel keputusan yang dicari adalah periode waktu antar pemesanan (T) dan inventori maksimum yang diharapkan (R). Untuk menemukan nilai T dan R yang optimal, dilakukan proses iterasi dengan menambah dan mengurangi nilai T awal ( $T_0$ ) sebesar 0,3 (setengah dari nilai  $T_0$ ). Proses iterasi ini dilakukan hingga ditemukan ongkos total persediaan yang paling minimum. Rekapitulasi hasil perhitungan dari seluruh iterasi disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9 Rekapitulasi Perhitungan Iterasi Model P-Backorder**

No	T (tahun)	R (unit)	ss (unit)	N (unit)	Ongkos Total	Keterangan
1	0,54	51	3	1	Rp 3.057.704	<b>Iterasi 0 (Optimal)</b>
2	0,77	65	3	1	Rp 2.963.887	
3	1	78	3	1	Rp 2.990.915	

Hasil perhitungan menggunakan metode probabilistik P *Backorder* menunjukkan bahwa untuk mendapatkan kebijakan inventori yang optimal, diperlukan beberapa iterasi. Iterasi awal (Iterasi-0) menghasilkan interval waktu pemesanan (T) sebesar 0,77 tahun dengan ongkos total persediaan sebesar Rp 2.963.887. Pada kebijakan ini, ukuran persediaan maksimum (R) adalah 65 botol dengan cadangan pengaman (*safety stock*) sebanyak 3 botol.

Karena tujuan iterasi adalah mencari titik optimum dengan ongkos terendah, proses dilanjutkan. Iterasi-1 dilakukan dengan menambah nilai T sebesar 0,3 menjadi 1 tahun. Hasilnya, ongkos total meningkat menjadi Rp 2.990.915. Sebaliknya, Iterasi-2 dilakukan dengan mengurangi nilai T sebesar 0,3 menjadi 0,54 tahun, yang justru menyebabkan ongkos total semakin membesar menjadi Rp 3.057.704.

Berdasarkan data pada Tabel 5, diperoleh hasil bahwa kebijakan inventori probabilistik P *Backorder* yang optimal terdapat pada Iterasi-0. Interval waktu pemesanan pada iterasi ini adalah setiap 0,77 tahun (atau setiap 9 bulan). Dibandingkan dengan kebijakan perusahaan sebelumnya yang mungkin lebih sering atau kurang teratur, kebijakan usulan ini terbukti lebih efisien secara finansial. Kebijakan ini juga menetapkan *safety stock* sebanyak 3 botol, yang merupakan langkah strategis untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan dan lead time, sehingga dapat meminimalkan risiko *stockout* yang dapat mengganggu operasional laboratorium.

### Perbandingan Total Biaya Persediaan

Setelah dilakukan perhitungan, tahapan selanjutnya adalah membandingkan total biaya persediaan antara kondisi perusahaan saat ini dengan hasil perhitungan kombinasi simulasi *Monte Carlo* dan model P *Backorder*. Perbandingan ini penting dilakukan untuk melihat sejauh mana efektivitas model dalam menekan biaya persediaan yang selama ini menjadi permasalahan utama. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, hasil perhitungan total biaya persediaan disajikan pada Tabel 10.

**Tabel 10 Perbandingan Total Biaya Persediaan**

No	Jenis Ongkos	Kondisi Perusahaan	Hasil Simulasi Monte Carlo dengan Model P <i>Backorder</i>
1	Ongkos beli ( <i>Ob</i> )	Rp 1.263.240	Rp 1.263.240
2	Ongkos pesan ( <i>Op</i> )	Rp 1.707.750	Rp 736.688
3	Ongkos simpan ( <i>Os</i> )	Rp 756.126	Rp 923.503
4	Ongkos kekurangan ( <i>Ok</i> )	Rp 1.156.646	Rp 40.455
5	Ongkos Total	Rp 3.696.667	Rp 2.963.887

Berdasarkan hasil pengolahan data, diketahui bahwa total ongkos persediaan pada kondisi perusahaan saat ini mencapai Rp 3.696.667. Sementara itu, perhitungan total biaya persediaan menggunakan pendekatan model P *backorder* berbasis data peramalan hasil simulasi *Monte Carlo* untuk periode mendatang, menghasilkan nilai yang jauh lebih efisien, yaitu sebesar Rp 2.963.887. Dengan kata lain, terdapat penghematan biaya sebesar Rp 732.780 atau sekitar 19,8% dibandingkan kondisi perusahaan saat ini. Perbandingan ini menunjukkan bahwa penggunaan hasil peramalan melalui simulasi *Monte Carlo* mampu memberikan dasar kebutuhan persediaan yang lebih tepat dan realistis, sehingga kebijakan pemesanan yang dihasilkan menjadi lebih efisien.

### V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka didapat kesimpulan hasil simulasi *Monte Carlo* (replikasi ke-12), jumlah permintaan *WS Ascorbic Acid* yang diperkirakan pada periode mendatang adalah 58 botol. Hasil peramalan ini digunakan sebagai dasar perhitungan kebutuhan persediaan pada metode Probabilistik Model P *Backorder*. Penerapan metode Probabilistik Model P *Backorder* menghasilkan waktu pemesanan optimal sebesar 0,77 tahun dengan total biaya persediaan Rp 2.963.887. Nilai ini lebih rendah dibandingkan total

biaya aktual yang dikeluarkan perusahaan sebesar Rp 3.696.667. Hasil perbandingan menunjukkan adanya penghematan sebesar Rp 732.780. atau setara dengan penurunan 19,8% dari kondisi aktual. Penghematan ini sebagian besar berasal dari penurunan biaya pemesanan dan kekurangan, meskipun terjadi sedikit peningkatan pada ongkos simpan, namun secara keseluruhan dapat ditoleransi.

### Daftar Pustaka

- Bahagia, S. N. (2006). *Sistem Inventori*. ITB Bandung.
- Dewi, D. C., Sumijan, S., & Nurcahyo, G. W. (2020). Simulasi Monte Carlo dalam Mengidentifikasi Peningkatan Penjualan Tanaman Mawar (Studi Kasus di Toko Bunga 5 Bersaudara Kota Solok). *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*. <https://doi.org/10.37034/infec.v3i2.67>
- Enggar, M., Moch Nuruddin, & Efta Dhartikasari. (2022). Control of Raw Materials Inventory Probabilistic Model Using Monte Carlo Simulation and Dynamic System. *Jurnal Teknovasi*, 9(01), 37–44. <https://doi.org/10.55445/jt.v9i01.36>
- Heizer, J., & Render, B. (2022). *Manajemen Operasi (Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasokan* (14th Edition). Salemba Empat.
- Maitra, S. (2024). *Inventory Management Under Stochastic Demand: A Simulation-Optimization Approach* (Version 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2406.19425>
- Prawita, R., Sumijan, S., & Nurcahyo, G. W. (2020). Simulasi Metode Monte Carlo dalam Menjaga Persediaan Alat Tulis Kantor (Studi Kasus di IAIN Batusangkar). *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*. <https://doi.org/10.37034/infec.v3i2.69>
- Putri, A. E., Larasati, A., & Darmawan, V. E. B. (2024). Pengendalian Persediaan Kemasan Botol Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Simulasi Monte Carlo dan EOQ Probabilistik. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 23(2), 107. <https://doi.org/10.20961/performa.23.2.84602>
- Rahmatulloh, N., & Arifin, J. (2022). Analisis Penerapan Metode Klasifikasi ABC dan EOQ Pada Persediaan Bahan Baku di UKM Semprong Amoundy. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 21(2), 179. <https://doi.org/10.20961/performa.21.2.58126>
- Yudistira, F. D., Larasati, A., & Nurdiansyah, R. (2024). Perencanaan dan Pengendalian Persediaan Material Menggunakan Simulasi Monte Carlo dan EOQ Probabilistik: Studi Kasus: PT PLN UP3 Kediri. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 14(1), 124–133. <https://doi.org/10.36040/industri.v14i1.9035>
- Yuniasih, A. W., & A'yuni, N. R. L. (2024). Literature Review of Inventory with Probabilistic Economic Order Quantity (EOQ). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, 22(1), 83–92. <https://doi.org/10.52330/jtm.v22i1.220>