

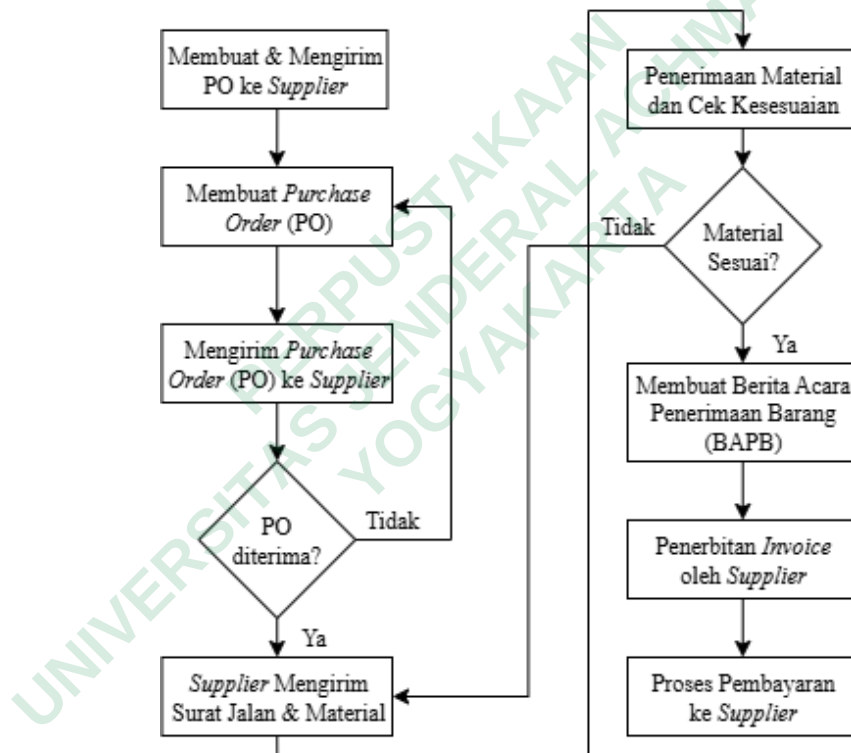
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Alur Pengadaan Bahan Baku

Pengadaan bahan baku menjadi bagian penting dalam menjaga kelancaran proses produksi. Setiap tahapan dalam proses ini, mulai dari pembuatan *Purchase Order* (PO) hingga pembayaran kepada *supplier*, harus dilakukan secara sistematis. Berikut Gambar 4.1 menggambarkan alur proses pengadaan bahan baku yang diterapkan oleh PT Indonesia Plafon Semesta.

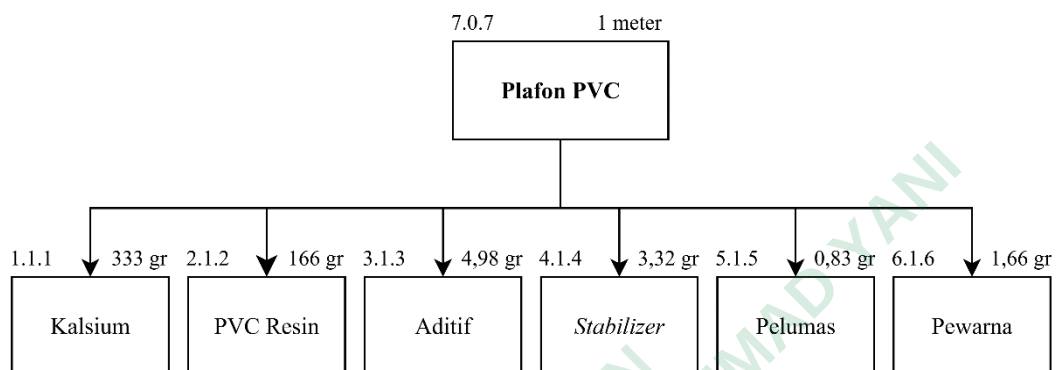


Gambar 4. 1. Alur Pengadaan Bahan Baku

Berdasarkan Gambar 4.1, proses pengadaan dimulai dari pembuatan dan pengiriman PO kepada *supplier*. Setelah PO diterima dan disetujui, *supplier* akan mengirimkan bahan baku beserta surat jalan. Bahan baku yang diterima akan dicek kesesuaiannya dengan spesifikasi yang diminta. Jika sesuai, maka akan dibuat Berita Acara Penerimaan Barang (BAPB), yang menjadi dasar untuk penerbitan *invoice* oleh *supplier* dan selanjutnya dilakukan proses pembayaran.

4.1.2 Bill of Material Plafon PVC

Plafon PVC tersusun dari berbagai komponen utama dan pendukung. Untuk memahami struktur bahan baku yang digunakan, pendekatan *Bill of Material* (BOM) ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2. Bill of Material Plafon PVC

Perhitungan *Bill of Material* (BOM) untuk plafon PVC per 1 meter disusun berdasarkan komposisi material primer dan aditif yang diperlukan untuk menjaga kualitas fisik dan proses produksi. Berdasarkan formulasi yang digunakan, setiap 1 meter plafon memerlukan kalsium 333 g dan PVC resin 166 g sebagai bahan utama. Untuk memudahkan perumusan aditif, digunakan satuan phr (*parts per hundred resin*) di mana 1 phr = 1% terhadap berat resin = 1,66 g (1,66 g per meter pada resin 166 g). Kuantitas aditif per 1 meter adalah, *stabilizer* 3 phr ($\approx 4,98$ g) untuk menjaga stabilitas termal dan umur produk, *aditif/processing aid* 2 phr ($\approx 3,32$ g) untuk meningkatkan proses dan sifat mekanik, pelumas 1 phr ($\approx 1,66$ g) untuk memperbaiki aliran material saat ekstrusi/pencetakan, serta pewarna 0,5 phr ($\approx 0,83$ g) mengingat pigmen bersifat konsetrat dan hanya diperlukan dalam jumlah kecil.

4.1.3 Data Permintaan Plafon PVC

Data permintaan plafon PVC yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari data historis selama periode Januari hingga Desember 2024. Data ini berisi jumlah permintaan plafon PVC dalam satuan meter oleh pelanggan setiap bulannya. Informasi ini digunakan untuk mendukung proses perencanaan kebutuhan bahan baku, pengendalian persediaan, serta pengambilan keputusan lainnya yang berkaitan dengan kegiatan produksi. Berikut ini adalah data jumlah permintaan plafon PVC per bulan selama tahun 2024 pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data Permintaan Plafon PVC Tahun 2024

Bulan	Permintaan (meter)
Januari	63.000
Februari	75.000
Maret	58.960
April	73.500
Mei	66.000
Juni	79.570
Juli	60.140
Agustus	75.440
September	65.400
Oktober	78.900
November	75.500
Desember	84.500
Jumlah	855.910
Rata-Rata	71325.83333
Standar Deviasi	8324.693233

Berdasarkan Tabel 4.1, diketahui bahwa permintaan plafon PVC mengalami fluktuasi setiap bulannya selama tahun 2024. Permintaan tertinggi terjadi pada bulan Desember sebesar 84.500 meter, sedangkan permintaan terendah terjadi pada bulan Maret sebesar 58.960 meter. Rata-rata permintaan per bulan adalah sebesar 71.325,83 meter dengan standar deviasi sebesar 8.324,69 meter, yang menunjukkan adanya variasi permintaan yang cukup signifikan dari bulan ke bulan.

4.1.4 Data *Lead Time* Bahan Baku Kalsium

Data *lead time* pemesanan bahan baku kalsium diperoleh dari catatan aktivitas pemesanan dan penerimaan bahan baku selama tahun 2024. *Lead time* dihitung berdasarkan selisih hari antara tanggal pemesanan (PO) dan tanggal bahan baku diterima (*In*). Berikut ini adalah data *lead time* pemesanan bahan baku kalsium selama tahun 2024 pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2. Data *Lead Time* Pemesanan Bahan Baku Kalsium

Pemesanan Ke-	PO	In	Lead Time (Hari)
1	1/2/2024	1/6/2024	4
2	1/8/2024	1/12/2024	4
3	1/15/2024	1/18/2024	3
4	1/20/2024	1/24/2024	4
5	1/28/2024	2/2/2024	5
6	1/29/2024	2/3/2024	5
7	2/6/2024	2/9/2024	3
8	2/16/2024	2/21/2024	5
9	2/22/2024	2/29/2024	7

Pemesanan Ke-	PO	In	Lead Time (Hari)
10	3/2/2024	3/6/2024	4
11	3/6/2024	3/8/2024	2
12	3/15/2024	3/21/2024	6
13	3/26/2024	3/30/2024	4
14	4/15/2024	4/19/2024	4
15	4/22/2024	4/24/2024	2
16	4/28/2024	5/1/2024	3
17	5/2/2024	5/5/2024	3
18	5/9/2024	5/14/2024	5
19	5/15/2024	5/20/2024	5
20	5/23/2024	5/27/2024	4
21	5/28/2024	5/31/2024	3
22	6/4/2024	6/6/2024	2
23	6/10/2024	6/16/2024	6
24	6/21/2024	6/26/2024	5
25	6/23/2024	6/25/2024	2
26	6/29/2024	7/1/2024	2
27	7/3/2024	7/5/2024	2
28	7/8/2024	7/12/2024	4
29	7/15/2024	7/18/2024	3
30	7/19/2024	7/22/2024	3
31	7/21/2024	7/23/2024	2
32	7/24/2024	7/26/2024	2
33	7/28/2024	7/31/2024	3
34	8/3/2024	8/6/2024	3
35	8/10/2024	8/13/2024	3
36	8/16/2024	8/20/2024	4
37	8/23/2024	8/26/2024	3
38	8/28/2024	9/2/2024	5
39	9/3/2024	9/6/2024	3
40	9/7/2024	9/10/2024	3
41	9/12/2024	9/14/2024	2
42	9/16/2024	9/19/2024	3
43	9/20/2024	9/25/2024	5
44	9/26/2024	9/29/2024	3
45	10/2/2024	10/4/2024	2
46	10/8/2024	10/11/2024	3
47	10/13/2024	10/16/2024	3
48	10/17/2024	10/21/2024	4
49	10/23/2024	10/26/2024	3
50	10/28/2024	10/31/2024	3
51	11/2/2024	11/6/2024	4
52	11/7/2024	11/10/2024	3
53	11/12/2024	11/14/2024	2
54	11/18/2024	11/21/2024	3
55	11/25/2024	11/29/2024	4
56	11/29/2024	12/1/2024	2

Pemesanan Ke-	PO	In	Lead Time (Hari)
57	12/5/2024	12/8/2024	3
58	12/11/2024	12/13/2024	2
59	12/16/2024	12/20/2024	4
60	12/21/2024	12/23/2024	2
Jumlah			205
Rata-Rata			3.41666667
Standar Deviasi			1.183096579

Berdasarkan Tabel 4.2, diketahui bahwa rata-rata *lead time* pemesanan bahan baku kalsium selama tahun 2024 adalah sekitar 3,42 hari dengan standar deviasi sebesar 1,18 hari. Hal ini menunjukkan bahwa waktu tunggu pemesanan relatif singkat, namun terdapat variabilitas antar pesanan. Adanya pesanan dengan *lead time* hingga 7 hari juga menunjukkan kemungkinan keterlambatan dari pihak pemasok, yang perlu diperhatikan dalam perencanaan *safety stock*.

4.1.5 Data *Lead Time* Bahan Baku Resin

Data *lead time* pemesanan bahan baku resin diperoleh dari catatan aktivitas pemesanan dan penerimaan bahan baku selama tahun 2024. *Lead time* dihitung berdasarkan selisih hari antara tanggal pemesanan (PO) dan tanggal bahan baku diterima (*In*). Berikut ini adalah data *lead time* pemesanan bahan baku resin selama tahun 2024 pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3. Data *Lead Time* Pemesanan Bahan Baku Resin

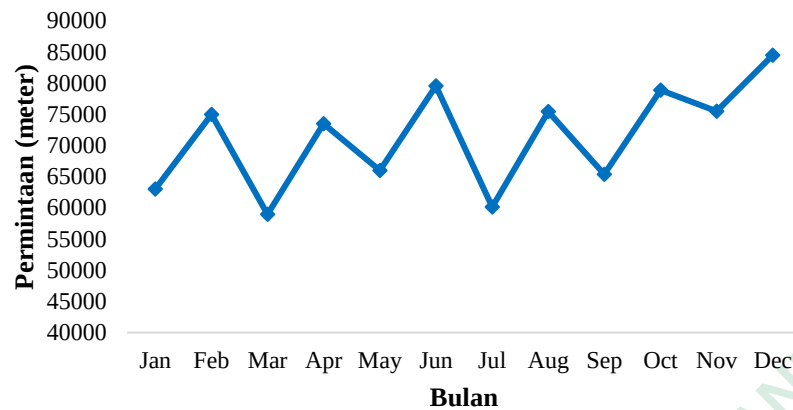
Pemesanan Ke-	PO	In	Lead Time (Hari)
1	1/1/2024	1/4/2024	3
2	1/11/2024	1/16/2024	5
3	1/21/2024	1/25/2024	4
4	2/3/2024	2/6/2024	3
5	2/16/2024	2/20/2024	4
6	2/29/2024	3/3/2024	3
7	3/11/2024	3/15/2024	4
8	3/31/2024	4/2/2024	2
9	4/22/2024	4/26/2024	4
10	5/7/2024	5/11/2024	4
11	5/23/2024	5/28/2024	5
12	5/24/2024	5/26/2024	2
13	6/5/2024	6/8/2024	3
14	6/19/2024	6/23/2024	4
15	6/22/2024	6/25/2024	3
16	7/2/2024	7/5/2024	3
17	7/12/2024	7/18/2024	6

Pemesanan Ke-	PO	In	Lead Time (Hari)
18	7/23/2024	7/26/2024	3
19	8/3/2024	8/6/2024	3
20	8/15/2024	8/20/2024	5
21	8/26/2024	8/29/2024	3
22	9/3/2024	9/5/2024	2
23	9/10/2024	9/14/2024	4
24	9/24/2024	9/28/2024	4
25	9/30/2024	10/3/2024	3
26	10/14/2024	10/19/2024	5
27	10/21/2024	10/24/2024	3
28	10/27/2024	10/31/2024	4
29	11/5/2024	11/9/2024	4
30	11/30/2024	12/2/2024	2
31	12/9/2024	12/12/2024	3
32	12/16/2024	12/22/2024	6
Jumlah			116
Rata-Rata			3.625
Standar Deviasi			1.070122091

Berdasarkan Tabel 4.3, dapat dilihat bahwa *lead time* pemesanan bahan baku resin selama tahun 2024 bervariasi antara 2 hingga 6 hari. Total *lead time* dari 32 kali pemesanan tercatat sebesar 116 hari, dengan rata-rata *lead time* per pemesanan adalah 3,63 hari. Nilai standar deviasi sebesar 1,07 menunjukkan adanya fluktuasi waktu pengiriman yang cukup rendah, yang mengindikasikan proses pengadaan berjalan relatif stabil. Data ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan distribusi probabilitas pada tahapan simulasi monte carlo.

4.1.6 Pola Permintaan Plafon PVC

Visualisasi permintaan plafon PVC digunakan untuk melihat pola fluktuasi dan tren permintaan pasar sepanjang tahun 2024. Data ini membantu mengidentifikasi bulan dengan permintaan tinggi maupun rendah sebagai dasar perencanaan persediaan. Gambar 4.3 menampilkan jumlah permintaan plafon PVC per bulan selama Januari hingga Desember 2024.

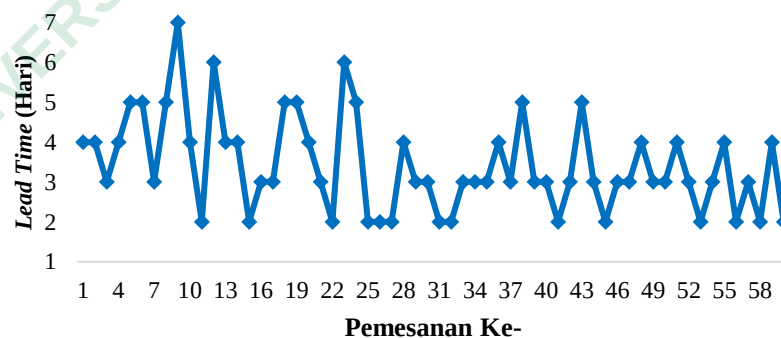


Gambar 4. 3. Permintaan Plavon PVC Tahun 2024

Permintaan plafon PVC pada Gambar 4.3 menunjukkan adanya fluktuasi yang signifikan sepanjang tahun 2024. Terdapat beberapa periode dengan jumlah permintaan yang tinggi, namun juga terdapat periode dengan permintaan yang rendah. Ketidakpastian ini menandakan bahwa data permintaan bersifat probabilistik, artinya tidak dapat diprediksi secara pasti untuk setiap periode.

4.1.7 Pola *Lead Time* Pemesanan Bahan Baku Kalsium

Visualisasi *lead time* digunakan untuk memahami tingkat konsistensi waktu tunggu pemesanan bahan baku resin sepanjang tahun 2024. Berikut Gambar 4.4 menunjukkan variasi *lead time* berdasarkan urutan pemesanan yang dilakukan oleh perusahaan.



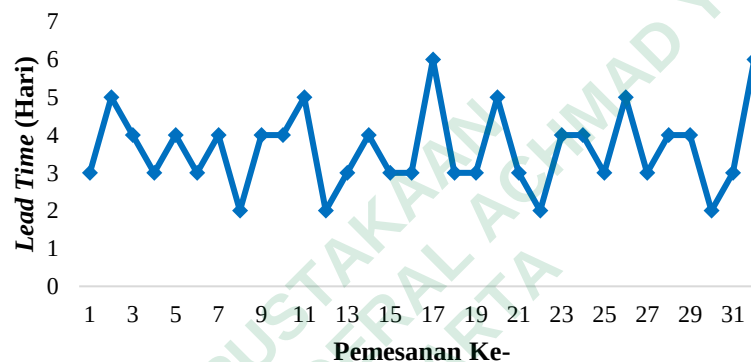
Gambar 4. 4. Lead Time Pemesanan Bahan Baku Kalsium Tahun 2024

Lead time pemesanan kalsium pada Gambar 4.4 menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan. Terdapat pemesanan yang hanya memerlukan waktu 2 hari, sementara beberapa lainnya mencapai hingga 7 hari. Variasi ini menunjukkan

bahwa *lead time* bersifat tidak konsisten dan berubah-ubah antar pemesanan. Pola *lead time* yang tidak teratur tersebut mengindikasikan bahwa data bersifat probabilistik, sehingga tidak dapat diprediksi secara pasti.

4.1.8 Pola *Lead Time* Pemesanan Bahan Baku Resin

Visualisasi *lead time* digunakan untuk memahami tingkat konsistensi waktu tunggu pemesanan salah satu bahan baku utama, yaitu resin sepanjang tahun 2024. Berikut Gambar 4.5 menampilkan variasi *lead time* berdasarkan urutan pemesanan yang dilakukan oleh perusahaan.



Gambar 4. 5. *Lead Time* Pemesanan Bahan Baku Resin Tahun 2024

Berdasarkan Gambar 4.5 diketahui *lead time* pemesanan bahan baku resin menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan, yakni antara 2 hingga 6 hari. Ketidakpastian ini menandakan bahwa *lead time* bersifat acak dan tidak tetap, sehingga menyulitkan peramalan dan pengendalian persediaan. Mengingat resin merupakan komponen penting dalam produksi, variasi *lead time* ini perlu menjadi perhatian agar tidak menyebabkan keterlambatan produksi.

4.1.9 Simulasi Monte Carlo Permintaan Plafon PVC

Simulasi monte carlo digunakan untuk memprediksi permintaan plafon PVC pada periode Januari hingga Desember 2025. Prediksi ini didasarkan pada data historis tahun sebelumnya, yaitu permintaan selama Januari hingga Desember 2024. Teknik ini dipilih karena mampu menggambarkan ketidakpastian permintaan secara lebih realistis melalui pendekatan probabilistik. Adapun tahapan simulasi monte carlo permintaan plafon PVC yaitu sebagai berikut.

1. Menyusun distribusi probabilitas

Tahap awal simulasi monte carlo adalah menyusun Distribusi Probabilitas (DP) dan Distribusi Probabilitas Kumulatif (DPK) berdasarkan data historis permintaan plafon PVC selama tahun 2024. Sebagai contoh, perhitungan distribusi probabilitas untuk jumlah permintaan sebesar 63.000 meter dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.1), sebagai berikut.

$$DP = \frac{1}{12} = 0,083 \quad (4.1)$$

Selanjutnya, sebagai contoh cara menghitung distribusi probabilitas kumulatif untuk jumlah permintaan sebesar 63.000 meter dengan menggunakan persamaan (2.2), sebagai berikut.

$$DPK = 0.083 + 0 = 0,083 \quad (4.2)$$

Distribusi probabilitas (DP) dan distribusi probabilitas kumulatif (DPK) untuk jumlah permintaan plafon PVC periode mendatang ditampilkan secara lengkap pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4. Distribusi Probabilitas Permintaan Plafon PVC

Jumlah Permintaan (meter)	Frekuensi	DP	DPK
63.000	1	0,083	0,083
75.000	1	0,083	0,167
58.960	1	0,083	0,250
73.500	1	0,083	0,333
66.000	1	0,083	0,417
79.570	1	0,083	0,500
60.140	1	0,083	0,583
75.440	1	0,083	0,667
65.400	1	0,083	0,750
78.900	1	0,083	0,833
75.500	1	0,083	0,917
84.500	1	0,083	1,000
Jumlah	12	1,00	

Distribusi probabilitas kumulatif yang telah diperoleh pada tabel tersebut digunakan sebagai acuan untuk menyusun interval angka acak. Interval ini kemudian menjadi dasar proses simulasi monte carlo untuk merepresentasikan variasi permintaan plafon PVC pada periode mendatang.

2. Menyusun interval angka acak

Setelah diperoleh nilai Distribusi Probabilitas Kumulatif (DPK), langkah berikutnya adalah menyusun interval angka acak sebagai acuan dalam menghubungkan angka acak dengan jumlah permintaan pada simulasi monte carlo. Nilai minimum diambil dari batas bawah dan maksimum dari batas atas DPK. Tabel 4.5 menyajikan interval angka acak berdasarkan DPK sebelumnya.

Tabel 4. 5. Interval Angka Acak Plafon PVC

Jumlah Permintaan (meter)	Interval Angka Acak	
	<i>Min</i>	<i>Max</i>
63.000	0,000	0,083
75.000	0,084	0,167
58.960	0,168	0,250
73.500	0,251	0,333
66.000	0,334	0,417
79.570	0,418	0,500
60.140	0,501	0,583
75.440	0,584	0,667
65.400	0,668	0,750
78.900	0,751	0,833
75.500	0,834	0,917
84.500	0,918	1,000

Setiap baris pada tabel menunjukkan interval angka acak yang berhubungan dengan nilai permintaan. Sebagai contoh, jika diperoleh angka acak sebesar 0,536, angka tersebut berada dalam rentang interval 0,536 hingga 0,600. Berdasarkan interval tersebut, *lead time* pemesanan yang sesuai adalah selama 3 hari.

3. Menentukan jumlah iterasi simulasi

Tahapan selanjutnya adalah menentukan jumlah iterasi simulasi yang akan digunakan untuk membangkitkan bilangan acak. Jumlah iterasi ini ditentukan menggunakan persamaan (2.5).

$$N = \left(\frac{\frac{3(8.132,93)}{\frac{58.960 + 84.500}{2}}}{\left(\frac{1}{0,01}\right)} \right)^2 \quad (4.3)$$

$$N = \left(\frac{24.974,07}{\frac{71.730}{\left(\frac{1}{0,01}\right)}} \right)^2 = 1.212,20 \approx 1.212 \text{ Iterasi} \quad (4.4)$$

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (4.4), diperoleh jumlah iterasi simulasi sebesar 1.212. Nilai ini dihitung berdasarkan tingkat presisi yang ditentukan, sehingga jumlah iterasi tersebut akan digunakan untuk membangkitkan bilangan acak dalam proses simulasi monte carlo.

4. Membangkitkan bilangan acak

Bilangan acak dibangkitkan menggunakan fungsi *RAND()* pada *microsoft excel* sebanyak 1.212 iterasi untuk digunakan dalam proses simulasi *monte carlo*. Berikut merupakan Tabel 4.6 bilangan acak permintaan plafon PVC.

Tabel 4. 6. Pembangkitan Bilangan Acak Simulasi Permintaan Plafon PVC

Bulan	Iterasi 1	Iterasi 2	Iterasi 3	...	Iterasi 1212
Januari	0,343232329	0,16367418	0,213851946	...	0,46249694
Februari	0,996043177	0,688967338	0,514171834	...	0,745616928
Maret	0,182739115	0,468789775	0,204773922	...	0,088793065
April	0,222962587	0,535228289	0,165847893	...	0,281703227
Mei	0,079532181	0,156029808	0,406924444	...	0,31083933
...	...	...	...	...	...
Desember	0,365419698	0,024156244	0,534175917	...	0,376490252

Bilangan acak yang telah dibangkitkan selanjutnya dianalisis dengan mencocokkannya ke dalam interval nilai berdasarkan distribusi data historis permintaan plafon PVC. Seluruh hasil pembangkitan bilangan acak sebanyak 1.212 iterasi disajikan secara lengkap pada Lampiran 1, sedangkan contoh hasil simulasi untuk iterasi ke-1 dan ke-2 ditampilkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7. Hasil Simulasi Permintaan Plafon PVC Iterasi Ke-1 & 2

Bulan	Random Number Iterasi Ke-1	Random Number Iterasi Ke-2	Permintaan (meter) Iterasi Ke-1	Permintaan (meter) Iterasi Ke-2
Jan	0,343232329	0,16367418	66.000	75.000
Feb	0,996043177	0,688967338	84.500	65.400
Mar	0,182739115	0,468789775	58.960	79.570
Apr	0,222962587	0,535228289	58.960	60.140
May	0,079532181	0,156029808	63.000	75.000
Jun	0,128837814	0,240887885	75.000	58.960
Jul	0,73670518	0,477230769	65.400	79.570
Aug	0,869291065	0,209886123	75.500	58.960
Sep	0,895457621	0,599475496	75.500	75.440
Oct	0,990457062	0,210290506	84.500	58.960

Bulan	Random Number Iterasi Ke-1	Random Number Iterasi Ke-2	Permintaan (meter) Iterasi Ke-1	Permintaan (meter) Iterasi Ke-2
Nov	0,355865605	0,943665032	66.000	84.500
Dec	0,365419698	0,024156244	66.000	63.000
Jumlah			839.320	834.500

Berdasarkan Tabel 4.7, ditunjukkan contoh hasil simulasi permintaan plafon PVC pada iterasi ke-1 dan ke-2. Pada bulan Januari, bilangan acak yang diperoleh masing-masing adalah 0,3432 dan 0,1637. Nilai 0,3432 berada dalam interval kelima (0,334–0,417), sehingga menghasilkan permintaan sebesar 66.000 meter. Sementara itu, nilai 0,1637 berada dalam interval kedua, yang menghasilkan permintaan sebesar 75.000 meter. Proses pencocokan bilangan acak dengan interval distribusi permintaan dilakukan untuk seluruh bulan dan seluruh iterasi. Hasil lengkap dari 1.212 iterasi simulasi dapat dilihat pada Lampiran 2.

5. Menghitung tingkat akurasi model simulasi

Mengukur tingkat akurasi model simulasi dari masing-masing iterasi bertujuan untuk mengetahui seberapa dekat hasil simulasi dengan data aktual. Penilaian akurasi ini dilakukan guna menentukan iterasi mana yang paling merepresentasikan kondisi sebenarnya. Perhitungan akurasi dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.8). Adapun contoh perhitungan tingkat akurasi model simulasi untuk iterasi ke-1 dan ke-2 disajikan sebagai berikut.

$$\text{Akurasi Simulasi Iterasi Ke} - 1 = \frac{839.320}{855.910} \times 100 = 98,06\% \quad (4.5)$$

$$\text{Akurasi Simulasi Iterasi Ke} - 2 = \frac{834.500}{855.910} \times 100 = 97,50\% \quad (4.6)$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada iterasi ke-1, diperoleh tingkat akurasi sebesar 98,06%. Sementara itu, pada iterasi ke-2, tingkat akurasi tercatat sebesar 97,50%. Berdasarkan hasil perhitungan dari 1.212 iterasi simulasi, diperoleh variasi tingkat akurasi dengan nilai terendah sebesar 88,38% dan tertinggi sebesar 99,99%. Nilai-nilai akurasi ini menjadi dasar dalam pemilihan satu iterasi terbaik yang paling mendekati kondisi aktual. Untuk memberikan gambaran umum sebelum melihat rekapitulasi lengkap pada Lampiran 3,

disajikan terlebih dahulu ringkasan hasil akurasi terendah dan tertinggi simulasi permintaan plafon PVC pada Tabel 4.8.

$$\text{Akurasi Simulasi Terendah} = \frac{756.460}{855.910} \times 100 = 88,38\% \quad (4.7)$$

$$\text{Akurasi Simulasi Tertinggi} = \frac{855.910}{855.920} \times 100 = 99,99\% \quad (4.8)$$

Tabel 4. 8. Kategori Akurasi Simulasi Permintaan Plafon PVC

Akurasi	Aktual (meter)	Simulasi (meter)	Akurasi	Iterasi Ke-
Akurasi Terendah	855.910	756.460	88,38 %	413
Akurasi Tertinggi	855.910	855.920	99,99 %	823

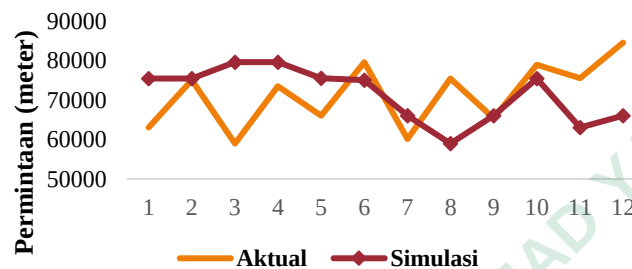
Setelah diketahui iterasi dengan tingkat akurasi tertinggi, yaitu pada iterasi ke-823 dengan akurasi sebesar 99,99%, tahap selanjutnya adalah membandingkan nilai permintaan bulanan antara data aktual dan hasil simulasi pada iterasi tersebut. Perbandingan ini bertujuan untuk melihat kesesuaian pola permintaan, yang kemudian akan digunakan sebagai dasar pengujian validitas model. Berikut pada Tabel 4.9 ditampilkan perbandingan kuantitatif antara permintaan aktual dan hasil simulasi plafon PVC berdasarkan iterasi terbaik.

Tabel 4. 9. Perbandingan Hasil Simulasi Permintaan Plafon PVC

Bulan	Aktual (meter)	Simulasi Iterasi Ke-823 (meter)
Januari	63.000	75.440
Februari	75.000	75.440
Maret	58.960	79.570
April	73.500	79.570
Mei	66.000	75.500
Juni	79.570	75.000
Juli	60.140	66.000
Agustus	75.440	58.960
September	65.400	66.000
Oktober	78.900	75.440
November	75.500	63.000
Desember	84.500	66.000
Jumlah	855.910	855.920
Rata-Rata	71.325,83333	71.326,66667
Standar Deviasi	8.324,693233	6.908,240578

Berdasarkan Tabel 4.9, dapat dilihat bahwa total permintaan aktual dan hasil simulasi memiliki nilai yang sangat mendekati, yaitu sebesar 855.910 meter untuk data aktual dan 855.920 meter untuk data simulasi. Nilai rata-rata bulanan pun hampir sama, yaitu sebesar 71.325,83 meter pada data aktual dan 71.326,67

meter pada hasil simulasi. Selain itu, nilai standar deviasi hasil simulasi (6.908,24) lebih kecil dibandingkan dengan data aktual (8.324,69), yang menunjukkan bahwa variasi data hasil simulasi cenderung lebih stabil. Hasil ini menunjukkan bahwa simulasi mampu merepresentasikan kondisi aktual dengan sangat baik.



Gambar 4. 6. Grafik Perbandingan Aktual – Simulasi Permintaan Plafon PVC

Berdasarkan Gambar 4.6 terlihat perbandingan pola permintaan aktual dan hasil simulasi plafon PVC. Visualisasi ini membantu mengidentifikasi sejauh mana hasil simulasi mampu mengikuti tren permintaan aktual setiap bulannya.

4.1.10 Validasi Model Hasil Simulasi Permintaan Plafon PVC

Selanjutnya, untuk memastikan validitas model simulasi secara statistik, dilakukan pengujian menggunakan uji-t berpasangan (*paired t-test*) terhadap data permintaan aktual dan hasil simulasi per bulan. Pengujian ini dilakukan berdasarkan persamaan (2.10) dan (2.11) yang digunakan untuk menghitung nilai rata-rata selisih dan standar deviasi dari selisih data. Hasil dari perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4. 10. Uji T-Berpasangan Simulasi Permintaan Plafon PVC

<i>t-Test: Paired Two Sample for Means</i>		
	Aktual	Simulasi
Mean	71325.83333	71326.66667
Variance	69300517.42	47723787.88
Observations	12	12
Pearson Correlation	-0.203283128	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	11	
t Stat	-0.000243622	
P(T<=t) one-tail	0.49990499	
t Critical one-tail	1.795884819	
P(T<=t) two-tail	0.999809979	
t Critical two-tail	2.20098516	

Berdasarkan Tabel 4.10, menunjukkan hasil uji t-berpasangan antara data aktual dan hasil simulasi permintaan plafon PVC. Diketahui nilai t hitung sebesar -0,000243622 dan nilai t tabel dua arah pada derajat kebebasan (df) = 11 dengan $\alpha = 0,05$ adalah 2,201. Karena nilai t hitung $<$ t tabel, maka berdasarkan pengujian pada persamaan (2.12) keputusan uji menyatakan bahwa H_0 diterima, yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata data aktual dan hasil simulasi.

4.1.11 Simulasi Monte Carlo *Lead Time* Pemesanan Kalsium

Simulasi monte carlo digunakan untuk memprediksi *lead time* pemesanan bahan baku kalsium pada periode Januari hingga Desember 2025. Prediksi ini didasarkan pada data historis tahun sebelumnya, yaitu pemesanan bahan baku kalsium selama Januari hingga Desember 2024. Teknik ini dipilih karena mampu menggambarkan ketidakpastian permintaan secara lebih realistis melalui pendekatan probabilistik. Adapun tahapan simulasi monte carlo *lead time* pemesanan bahan baku kalsium yaitu sebagai berikut.

1. Menyusun distribusi probabilitas

Tahap awal dalam simulasi monte carlo adalah menyusun Distribusi Probabilitas (DP) dan Distribusi Probabilitas Kumulatif (DPK) berdasarkan data historis *lead time* pemesanan bahan baku kalsium selama tahun 2024. Sebagai contoh, perhitungan distribusi probabilitas untuk *lead time* pemesanan bahan baku kalsium selama 2 hari dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.1), sebagai berikut.

$$DP = \frac{14}{60} = 0,233 \quad (4.9)$$

Selanjutnya, sebagai contoh cara menghitung distribusi probabilitas kumulatif untuk *lead time* pemesanan kalsium selama 2 hari dengan menggunakan persamaan (2.2), sebagai berikut.

$$DPK = 0.233 + 0 = 0,233 \quad (4.10)$$

Distribusi probabilitas (DP) dan distribusi probabilitas kumulatif (DPK) untuk *lead time* pemesanan bahan baku kalsium periode mendatang ditampilkan secara lengkap pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11. Distribusi Probabilitas *Lead Time* Pemesanan Kalsium

<i>Lead Time</i> (Hari)	Frekuensi	DP	DPK
2	14	0,233	0,233
3	22	0,367	0,600
4	13	0,217	0,817
5	8	0,133	0,950
6	2	0,033	0,983
7	1	0,017	1,000
Jumlah	60	1,000	

Distribusi probabilitas kumulatif yang telah diperoleh pada tabel tersebut digunakan sebagai acuan untuk menyusun interval angka acak. Interval ini kemudian menjadi dasar dalam proses simulasi monte carlo untuk merepresentasikan variasi *lead time* pemesanan bahan baku kalsium pada periode mendatang.

2. Menyusun interval angka acak

Setelah diperoleh nilai Distribusi Probabilitas Kumulatif (DPK), langkah berikutnya adalah menyusun interval angka acak sebagai acuan dalam menghubungkan angka acak dengan *lead time* pemesanan pada simulasi monte carlo. Nilai minimum diambil dari batas bawah dan maksimum dari batas atas DPK. Berikut Tabel 4.12 menyajikan interval angka acak berdasarkan DPK sebelumnya.

Tabel 4. 12. Interval Angka Acak *Lead Time* Pemesanan Kalsium

<i>Lead Time</i> (Hari)	Interval Angka Acak	
	<i>Min</i>	<i>Max</i>
2	0	0,233
3	0,234	0,600
4	0,601	0,817
5	0,818	0,950
6	0,951	0,983
7	0,984	1,000

Setiap baris pada tabel menunjukkan interval angka acak yang berhubungan dengan nilai *lead time*. Sebagai contoh, jika diperoleh angka acak sebesar 0,500, angka tersebut berada dalam rentang interval 0,234 hingga 0,600. Berdasarkan interval tersebut, *lead time* pemesanan yang sesuai adalah selama 3 hari.

3. Menentukan jumlah iterasi simulasi

Tahapan selanjutnya adalah menentukan jumlah iterasi simulasi yang akan digunakan untuk membangkitkan bilangan acak. Jumlah iterasi ini ditentukan menggunakan persamaan (2.5).

$$N = \left(\frac{3(1,183097)}{\frac{2+7}{\frac{2}{\left(\frac{1}{0,01}\right)}}} \right)^2 \quad (4.11)$$

$$N = \left(\frac{3,54928}{\frac{4,5}{\left(\frac{1}{0,01}\right)}} \right)^2 = 6.220,967 \approx 6.221 \text{ Iterasi} \quad (4.12)$$

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (4.4), diperoleh jumlah iterasi simulasi sebesar 6.221. Nilai ini dihitung berdasarkan tingkat presisi yang ditentukan, sehingga jumlah iterasi tersebut akan digunakan untuk membangkitkan bilangan acak dalam proses simulasi monte carlo.

4. Membangkitkan bilangan acak

Bilangan acak dibangkitkan menggunakan fungsi *RAND()* pada *microsoft excel* sebanyak 6.221 iterasi untuk digunakan dalam proses simulasi monte carlo. Berikut merupakan Tabel 4.13 bilangan acak *lead time* pemesanan kalsium.

Tabel 4. 13. Pembangkitan Bilangan Acak *Lead Time* Pemesanan Kalsium

Pemesanan Ke-	Iterasi 1	Iterasi 2	Iterasi 3	...	Iterasi 6221
1	0.381012782	0.541632433	0.246877055	...	0.259523926
2	0.740834069	0.503136909	0.830762287	...	0.448212207
3	0.861719885	0.053152838	0.626020103	...	0.553087812
4	0.773096528	0.841902784	0.610694693	...	0.108954566
5	0.466668883	0.061456196	0.470577845	...	0.987547209
6	0.658909503	0.847457721	0.68674569	...	0.138849306
7	0.274221946	0.548466403	0.868196159	...	0.696690467
8	0.104055632	0.522254788	0.877629978	...	0.417795706
...	...	...	...	...	...
60	0.37737521	0.23539579	0.29370193	...	0.308760249

Bilangan acak yang telah dibangkitkan selanjutnya dianalisis dengan mencocokkannya ke dalam interval nilai yang telah disusun berdasarkan distribusi historis *lead time* pemesanan bahan baku kalsium. Hasil lengkap dari

pembangkitan bilangan acak sebanyak 6.221 iterasi disajikan pada Lampiran 4, sementara contoh hasil simulasi untuk iterasi ke-1 dan ke-2 pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14. Simulasi *Lead Time* Pemesanan Kalsium Iterasi Ke-1 &-2

Pemesanan Ke-	<i>Random Number</i> Iterasi Ke-1	<i>Random Number</i> Iterasi Ke-2	<i>Lead Time</i> (Hari) Iterasi Ke-1	<i>Lead Time</i> (Hari) Iterasi Ke-2
1	0.381012782	0.541632433	3	3
2	0.740834069	0.503136909	4	3
3	0.861719885	0.053152838	5	2
4	0.773096528	0.841902784	4	5
5	0.466668883	0.061456196	3	2
6	0.658909503	0.847457721	4	5
7	0.274221946	0.548466403	3	3
8	0.104055632	0.522254788	2	3
9	0.731984527	0.383869481	4	3
10	0.593472187	0.492279056	3	3
11	0.932617916	0.038699129	5	2
12	0.5682213	0.228106489	3	2
13	0.726988942	0.56403655	4	3
14	0.62439929	0.27111047	4	3
15	0.186249718	0.74020537	2	4
16	0.306092124	0.286162461	3	3
17	0.676875151	0.476351857	4	3
18	0.601427064	0.080412773	4	2
19	0.34075729	0.26526789	3	3
20	0.517955625	0.783406546	3	4
21	0.714604602	0.719716126	4	4
22	0.984921246	0.722160554	7	4
23	0.938462193	0.822227055	5	5
24	0.424878751	0.325773341	3	3
25	0.205603038	0.894721049	2	5
26	0.90490041	0.075299993	5	2
27	0.993895213	0.733162532	7	4
28	0.424801786	0.329955585	3	3
29	0.450682959	0.522012938	3	3
30	0.198092712	0.417229376	2	3
31	0.33322661	0.437794024	3	3
32	0.442158159	0.028201502	3	2
33	0.530708422	0.440183496	3	3
34	0.456508137	0.404885238	3	3
35	0.888396631	0.204544891	5	2
36	0.148436342	0.360918946	2	3
37	0.833609075	0.869710144	5	5
38	0.763661984	0.931711961	4	5
39	0.796390025	0.077602273	4	2
40	0.005800214	0.304780272	2	3
41	0.152219543	0.53055882	2	3
42	0.734112074	0.054167323	4	2
43	0.620169111	0.36693531	4	3
44	0.422628271	0.211503845	3	2
45	0.658889882	0.485404117	4	3

Pemesanan Ke-	Random Number Iterasi Ke-1	Random Number Iterasi Ke-2	Lead Time (Hari) Iterasi Ke-1	Lead Time (Hari) Iterasi Ke-2
46	0.279685187	0.558187147	3	3
47	0.747213507	0.013939742	4	2
48	0.482532555	0.348843667	3	3
49	0.239637653	0.931309402	3	5
50	0.037643804	0.757336411	2	4
51	0.770393892	0.785763671	4	4
52	0.386375863	0.242868487	3	3
53	0.550906299	0.069013334	3	2
54	0.13577391	0.538843227	2	3
55	0.953007988	0.765539279	6	4
56	0.627418163	0.0376469	4	2
57	0.077412502	0.604882244	2	4
58	0.322590126	0.896355228	3	5
59	0.017121185	0.586691906	2	3
60	0.37737521	0.23539579	3	3
Jumlah			209	191

Berdasarkan Tabel 4.14, ditampilkan hasil simulasi *lead time* pemesanan bahan baku kalsium untuk iterasi ke-1 dan ke-2 sebanyak 60 kali pemesanan. Sebagai contoh, pada pemesanan ke-1, bilangan acak yang dihasilkan adalah 0,3810 untuk iterasi ke-1 dan 0,5416 untuk iterasi ke-2. Nilai 0,3810 berada pada interval kedua, yang menghasilkan *lead time* 3 hari, sedangkan 0,5416 juga berada pada interval yang sama dengan hasil 3 hari. Setiap bilangan acak dicocokkan dengan interval distribusi probabilitas kumulatif untuk menentukan *lead time*. Proses ini diterapkan pada seluruh bilangan acak di kedua iterasi. Hasil akhir menunjukkan total *lead time* untuk iterasi ke-1 adalah 209 hari dan iterasi ke-2 sebesar 191 hari. Hasil lengkap dari 6.221 iterasi simulasi ditampilkan pada Lampiran 5.

5. Menghitung tingkat akurasi model simulasi

Mengukur tingkat akurasi model simulasi dari masing-masing iterasi bertujuan untuk mengetahui seberapa dekat hasil simulasi dengan data aktual. Penilaian akurasi ini dilakukan untuk menentukan iterasi mana yang paling merepresentasikan kondisi sebenarnya. Perhitungan akurasi dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.8). Adapun contoh perhitungan tingkat akurasi model simulasi untuk iterasi ke-1 dan ke-2 disajikan pada persamaan (4.13) dan (4.14).

$$\text{Akurasi Simulasi Iterasi Ke} - 1 = \frac{205}{209} \times 100 = 98,09\% \quad (4.13)$$

$$\text{Akurasi Simulasi Iterasi Ke} - 2 = \frac{191}{205} \times 100 = 93,17\% \quad (4.14)$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada iterasi ke-1, diperoleh tingkat akurasi sebesar 98,09%. Sementara itu, pada iterasi ke-2, tingkat akurasi tercatat sebesar 93,17%. Berdasarkan hasil perhitungan dari 6.221 iterasi simulasi, diperoleh variasi tingkat akurasi dengan nilai terendah sebesar 84,88% dan tertinggi sebesar 100,00%. Nilai-nilai akurasi ini menjadi dasar dalam pemilihan satu iterasi terbaik yang paling mendekati kondisi aktual. Untuk memberikan gambaran umum sebelum melihat rekapitulasi lengkap pada Lampiran 6, disajikan terlebih dahulu ringkasan hasil akurasi terendah dan tertinggi simulasi *lead time* pemesanan kalsium pada Tabel 4.15.

$$\text{Akurasi Simulasi Terendah} = \frac{174}{205} \times 100 = 84,88\% \quad (4.15)$$

$$\text{Akurasi Simulasi Tertinggi} = \frac{205}{205} \times 100 = 100,00\% \quad (4.16)$$

Tabel 4. 15. Kategori Akurasi Simulasi *Lead Time* Pemesanan Kalsium

Akurasi	Aktual (Hari)	Simulasi (Hari)	Akurasi	Iterasi Ke-
Akurasi Terendah	205	174	84,88 %	99 & 2.018
Akurasi Tertinggi	205	205	100,00 %	3.244

Setelah diketahui iterasi dengan tingkat akurasi tertinggi, yaitu pada iterasi ke-3.244 dengan akurasi sebesar 100,00%, langkah selanjutnya adalah membandingkan *lead time* pemesanan bahan baku kalsium antara data aktual dan hasil simulasi pada iterasi tersebut. Perbandingan ini bertujuan untuk melihat kedekatan pola permintaan per bulan, serta menjadi dasar dalam pengujian validitas model menggunakan uji statistik. Berikut pada Tabel 4.16 ditampilkan perbandingan kuantitatif antara *lead time* pemesanan aktual dan hasil simulasi bahan baku kalsium berdasarkan iterasi terbaik.

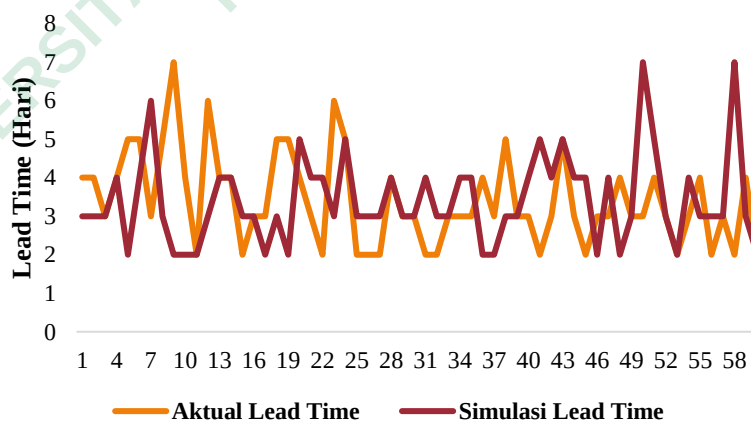
Tabel 4. 16. Perbandingan Hasil Simulasi *Lead Time* Pemesanan Kalsium

Pemesanan Ke-	Aktual (Hari)	Simulasi Iterasi Ke-3.244 (Hari)
1	4	3
2	4	3
3	3	3
4	4	4
5	5	2

Pemesanan Ke-	Aktual (Hari)	Simulasi Iterasi Ke-3.244 (Hari)
6	5	4
7	3	6
8	5	3
9	7	2
10	4	2
11	2	2
12	6	3
13	4	4
14	4	4
15	2	3
16	3	3
17	3	2
18	5	3
19	5	2
20	4	5
21	3	4
22	2	4
23	6	3
24	5	5
25	2	3
26	2	3
27	2	3
28	4	4
29	3	3
30	3	3
31	2	4
32	2	3
33	3	3
34	3	4
35	3	4
36	4	2
37	3	2
38	5	3
39	3	3
40	3	4
41	2	5
42	3	4
43	5	5
44	3	4
45	2	4
46	3	2
47	3	4
48	4	2
49	3	3
50	3	7

Pemesanan Ke-	Aktual (Hari)	Simulasi Iterasi Ke-3.244 (Hari)
51	4	5
52	3	3
53	2	2
54	3	4
55	4	3
56	2	3
57	3	3
58	2	7
59	4	3
60	2	2
Jumlah	205	205
Rata-Rata	3,416666667	3,416666667
Standar Deviasi	1,183096579	1,154088776

Berdasarkan Tabel 4.16, total *lead time* pemesanan bahan baku kalsium antara data aktual dan hasil simulasi menunjukkan nilai yang identik, yaitu sebesar 205 hari. Rata-rata *lead time* dari 60 kali pemesanan juga sama, yaitu 3,42 hari jika dibulatkan maka selama 4 hari. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil simulasi mampu merepresentasikan kondisi aktual dengan cukup baik. Meskipun demikian, terdapat sedikit perbedaan pada nilai standar deviasi, di mana hasil simulasi memiliki standar deviasi sebesar 1,15, lebih kecil dibandingkan dengan data aktual sebesar 1,18. Artinya, variasi *lead time* pada data simulasi cenderung sedikit lebih stabil dibandingkan dengan data aktual.



Gambar 4. 7. Grafik Perbandingan Aktual – Simulasi *Lead Time* Kalsium

Berdasarkan Gambar 4.7 terlihat perbandingan pola *lead time* pemesanan aktual dan hasil simulasi kalsium. Visualisasi ini membantu mengidentifikasi sejauh mana hasil simulasi mampu mengikuti *lead time* aktual setiap bulannya.

4.1.12 Validasi Model Hasil Simulasi *Lead Time* Pemesanan Kalsium

Selanjutnya, untuk memastikan validitas model simulasi secara statistik, dilakukan pengujian menggunakan uji-t berpasangan (*paired t-test*) terhadap data aktual *lead time* pemesanan bahan baku kalsium dan hasil simulasi per bulan. Hasil dari perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4. 17. Uji T-Berpasangan Simulasi *Lead Time* Pemesanan Kalsium

<i>t-Test: Paired Two Sample for Means</i>		
	Aktual Lead Time	Simulasi Lead Time
Mean	3.416666667	3.416666667
Variance	1.399717514	1.331920904
Observations	60	60
Pearson Correlation	-0.116892264	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	59	
t Stat	0	
P(T<=t) one-tail	0.5	
t Critical one-tail	1.671093032	
P(T<=t) two-tail	1	
t Critical two-tail	2.000995378	

Berdasarkan Tabel 4.17, menunjukkan hasil uji t-berpasangan antara data aktual dan hasil simulasi *lead time* pemesanan bahan baku kalsium. Diketahui nilai t hitung sebesar 0 dan nilai t tabel dua arah pada derajat kebebasan (df) = 59 dengan $\alpha = 0,05$ adalah 2,00099. Karena nilai t hitung < t tabel, maka berdasarkan pengujian pada persamaan (2.12) keputusan uji menyatakan bahwa H_0 diterima, yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata data aktual dan hasil simulasi.

4.1.13 Simulasi Monte Carlo *Lead Time* Pemesanan Resin

Simulasi monte carlo digunakan untuk memprediksi *lead time* pemesanan bahan baku resin pada periode Januari hingga Desember 2025. Prediksi ini didasarkan pada data historis tahun sebelumnya, yaitu pemesanan bahan baku resin selama Januari hingga Desember 2024. Teknik ini dipilih karena mampu menggambarkan ketidakpastian permintaan secara lebih realistis melalui pendekatan probabilistik. Adapun tahapan simulasi monte carlo *lead time* pemesanan bahan baku resin yaitu sebagai berikut.

1. Menyusun distribusi probabilitas

Tahap awal dalam simulasi *monte carlo* adalah menyusun Distribusi Probabilitas (DP) dan Distribusi Probabilitas Kumulatif (DPK) berdasarkan data historis *lead time* pemesanan bahan baku resin selama tahun 2024. Sebagai contoh, perhitungan distribusi probabilitas untuk *lead time* pemesanan bahan baku resin selama 2 hari dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.1), sebagai berikut.

$$DP = \frac{4}{32} = 0,125 \quad (4.17)$$

Selanjutnya, sebagai contoh cara menghitung distribusi probabilitas kumulatif untuk *lead time* pemesanan bahan baku resin selama 2 hari dengan menggunakan persamaan (2.2), sebagai berikut.

$$DPK = 0,125 + 0 = 0,125 \quad (4.18)$$

Distribusi probabilitas (DP) dan distribusi probabilitas kumulatif (DPK) untuk *lead time* pemesanan bahan baku resin periode mendatang ditampilkan secara lengkap pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18. Distribusi Probabilitas *Lead Time* Pemesanan Resin

<i>Lead Time</i> (Hari)	Frekuensi	DP	DPK
2	4	0,125	0,125
3	12	0,375	0,500
4	10	0,313	0,813
5	4	0,125	0,938
6	2	0,063	1,000
Jumlah	32	1,000	

Distribusi probabilitas kumulatif yang telah dihitung ini kemudian digunakan untuk menyusun interval angka acak, yang merupakan dasar dalam melakukan simulasi *monte carlo*.

2. Menyusun interval angka acak

Setelah diperoleh nilai Distribusi Probabilitas Kumulatif (DPK), langkah berikutnya adalah menyusun interval angka acak sebagai acuan dalam menghubungkan angka acak dengan *lead time* pemesanan pada simulasi *monte carlo*. Nilai minimum diambil dari batas bawah dan maksimum dari batas atas DPK. Berikut Tabel 4.19 menyajikan interval angka acak berdasarkan DPK sebelumnya.

Tabel 4. 19. Interval Angka Acak *Lead Time* Pemesanan Resin

<i>Lead Time</i> (Hari)	Interval Angka Acak	
	<i>Min</i>	<i>Max</i>
2	0	0,125
3	0,126	0,500
4	0,501	0,813
5	0,814	0,938
6	0,939	1,000

Setiap baris pada tabel menunjukkan interval angka acak yang berhubungan dengan nilai *lead time*. Sebagai contoh, jika diperoleh angka acak sebesar 0,650, angka tersebut berada dalam rentang interval 0,501 hingga 0,813. Berdasarkan interval tersebut, *lead time* pemesanan yang sesuai adalah selama 4 hari.

3. Menentukan jumlah iterasi simulasi

Tahapan selanjutnya adalah menentukan jumlah iterasi simulasi yang akan digunakan untuk membangkitkan bilangan acak. Jumlah iterasi ini ditentukan menggunakan persamaan (2.5).

$$N = \left(\frac{3(1,07012)}{\frac{2+6}{\frac{2}{\left(\frac{1}{0,01}\right)}}} \right)^2 \quad (4.19)$$

$$N = \left(\frac{3,21036}{\frac{4}{\left(\frac{1}{0,01}\right)}} \right)^2 = 6.441,532 \approx 6.442 \text{ Iterasi} \quad (4.20)$$

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (4.4), diperoleh jumlah iterasi simulasi sebesar 6.442. Nilai ini dihitung berdasarkan tingkat presisi yang ditentukan, sehingga jumlah iterasi tersebut akan digunakan untuk membangkitkan bilangan acak dalam proses simulasi *monte carlo*.

4. Membangkitkan bilangan acak

Bilangan acak dibangkitkan menggunakan fungsi *RAND()* pada *microsoft excel* sebanyak 6.442 iterasi untuk digunakan dalam proses simulasi *monte carlo*. Berikut merupakan Tabel 4.20 bilangan acak *lead time* pemesanan resin.

Tabel 4. 20. Pembangkitan Bilangan Acak *Lead Time* Pemesanan Resin

Pemesanan Ke-	Iterasi 1	Iterasi 2	Iterasi 3	...	Iterasi 6442
1	0.222703024	0.575869879	0.646379191	...	0.988759117
2	0.092644474	0.264942422	0.910285189	...	0.324121342
3	0.229741405	0.462868636	0.505034575	...	0.101955493
4	0.020894004	0.990720631	0.185984041	...	0.10094112
5	0.63483152	0.326935809	0.167215978	...	0.316102828
6	0.395289081	0.343571475	0.859474661	...	0.666556812
7	0.520738717	0.477866008	0.228542604	...	0.313800064
8	0.243685246	0.167245018	0.656639286	...	0.878632387
...	...	...	...	...	...
32	0.66860838	0.976173249	0.366540622	...	0.424911352

Bilangan acak yang telah dibangkitkan selanjutnya dianalisis dengan mencocokkannya ke dalam interval nilai yang telah disusun berdasarkan distribusi historis *lead time* pemesanan bahan baku resin. Hasil lengkap dari pembangkitan bilangan acak sebanyak 6.442 iterasi disajikan pada Lampiran 7, sementara contoh hasil simulasi untuk iterasi ke-1 dan ke-2 ditampilkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4. 21. Simulasi *Lead Time* Pemesanan Resin Pada Iterasi Ke-1 & 2

Pemesanan Ke-	Random Number Iterasi Ke-1	Random Number Iterasi Ke-2	Lead Time (Hari) Iterasi Ke-1	Lead Time (Hari) Iterasi Ke-2
1	0.222703024	0.575869879	3	4
2	0.092644474	0.264942422	2	3
3	0.229741405	0.462868636	3	3
4	0.020894004	0.990720631	2	6
5	0.63483152	0.326935809	4	3
6	0.395289081	0.343571475	3	3
7	0.520738717	0.477866008	4	3
8	0.243685246	0.167245018	3	3
9	0.631882944	0.474353155	4	3
10	0.594107802	0.5006485	4	3
11	0.767017046	0.387765654	4	3
12	0.287320107	0.517522388	3	4
13	0.860979449	0.424114061	5	3
14	0.667742209	0.530454076	4	4
15	0.334893977	0.627699646	3	4
16	0.744705726	0.182152229	4	3
17	0.673664193	0.088480104	4	2
18	0.576199077	0.898787621	4	5
19	0.398838054	0.918342054	3	5

Pemesanan Ke-	Random Number Iterasi Ke-1	Random Number Iterasi Ke-2	Lead Time (Hari) Iterasi Ke-1	Lead Time (Hari) Iterasi Ke-2
20	0.112188012	0.802316057	2	4
21	0.572709128	0.723909973	4	4
22	0.926101446	0.888668503	5	5
23	0.15379105	0.420317468	3	3
24	0.037851124	0.691566964	2	4
25	0.253208654	0.953099706	3	6
26	0.021539897	0.492345618	2	3
27	0.734196455	0.643356403	4	4
28	0.322106806	0.920323389	3	5
29	0.312828461	0.741611783	3	4
30	0.513109602	0.154875271	4	3
31	0.289105427	0.03239564	3	2
32	0.66860838	0.976173249	4	6
Jumlah			108	120

Berdasarkan Tabel 4.21, ditampilkan hasil simulasi *lead time* pemesanan bahan baku resin untuk iterasi ke-1 dan ke-2 sebanyak 32 kali pemesanan. Sebagai contoh, pada pemesanan ke-1, bilangan acak yang dihasilkan adalah 0,2227 untuk iterasi ke-1 dan 0,5758 untuk iterasi ke-2. Nilai 0,2227 berada pada interval kedua, yang menghasilkan *lead time* 3 hari, sedangkan 0,5758 juga berada pada interval yang sama dengan hasil 3 hari. Setiap bilangan acak dicocokkan dengan interval distribusi probabilitas kumulatif untuk menentukan *lead time*. Proses ini diterapkan pada seluruh bilangan acak di kedua iterasi. Hasil akhir menunjukkan total *lead time* untuk iterasi ke-1 adalah 108 hari dan iterasi ke-2 sebesar 120 hari. Hasil lengkap dari 6.442 iterasi simulasi ditampilkan pada Lampiran 8.

5. Menghitung tingkat akurasi model simulasi

Mengukur tingkat akurasi model simulasi dari masing-masing iterasi bertujuan untuk mengetahui seberapa dekat hasil simulasi dengan data aktual. Penilaian akurasi ini dilakukan guna menentukan iterasi mana yang paling merepresentasikan kondisi sebenarnya. Perhitungan akurasi dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.8). Adapun contoh perhitungan tingkat akurasi model simulasi untuk iterasi ke-1 dan ke-2 disajikan sebagai berikut.

$$\text{Akurasi Simulasi Iterasi Ke} - 1 = \frac{108}{116} \times 100 = 93.10\% \quad (4.21)$$

$$\text{Akurasi Simulasi Iterasi Ke} - 2 = \frac{116}{120} \times 100 = 96,67\% \quad (4.22)$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada iterasi ke-1, diperoleh tingkat akurasi sebesar 93,10%. Sementara itu, pada iterasi ke-2, tingkat akurasi tercatat sebesar 96,67%. Berdasarkan hasil perhitungan dari 6.442 iterasi simulasi, diperoleh variasi tingkat akurasi dengan nilai terendah sebesar 85,34% dan tertinggi sebesar 100,00%. Nilai-nilai akurasi ini menjadi dasar dalam pemilihan satu iterasi terbaik yang paling mendekati kondisi aktual. Untuk memberikan gambaran umum sebelum melihat rekapitulasi lengkap pada Lampiran 9, disajikan terlebih dahulu ringkasan hasil akurasi terendah dan tertinggi simulasi *lead time* pemesanan resin pada Tabel 4.22.

$$\text{Akurasi Simulasi Terendah} = \frac{99}{116} \times 100 = 85,34\% \quad (4.23)$$

$$\text{Akurasi Simulasi Tertinggi} = \frac{116}{116} \times 100 = 100,00\% \quad (4.24)$$

Tabel 4. 22. Kategori Akurasi Simulasi *Lead Time* Pemesanan Resin

Akurasi	Aktual (Hari)	Simulasi (Hari)	Akurasi	Iterasi Ke-
Akurasi Terendah	116	99	85,34 %	69 dan lainnya
Akurasi Tertinggi	116	116	100,00 %	3.726

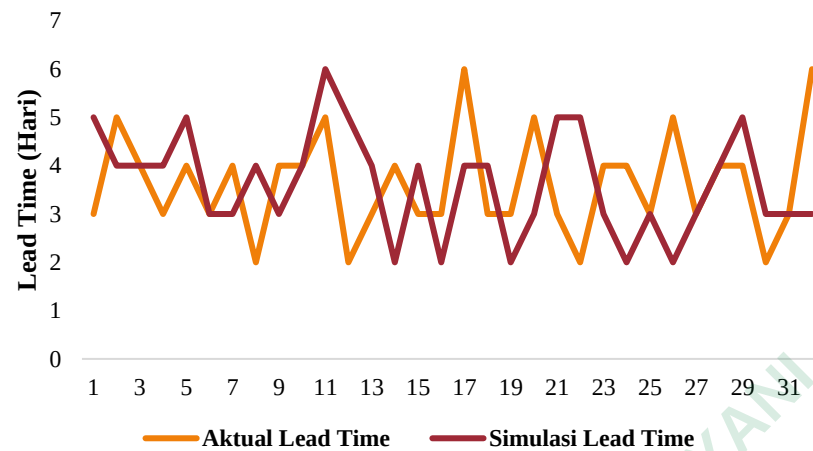
Setelah diketahui iterasi dengan tingkat akurasi tertinggi, yaitu pada iterasi ke-3.726 dengan akurasi sebesar 100,00%, langkah selanjutnya adalah membandingkan *lead time* pemesanan bahan baku resin antara data aktual dan hasil simulasi pada iterasi tersebut. Perbandingan ini bertujuan untuk melihat kedekatan pola permintaan per bulan, serta menjadi dasar dalam pengujian validitas model menggunakan uji statistik. Berikut pada Tabel 4.23 ditampilkan perbandingan kuantitatif antara *lead time* pemesanan aktual dan hasil simulasi bahan baku resin berdasarkan iterasi terbaik.

Tabel 4. 23. Perbandingan Hasil Simulasi *Lead Time* Pemesanan Resin

Pemesanan Ke-	Aktual (Hari)	Simulasi Iterasi Ke-3726 (Hari)
1	3	5
2	5	4
3	4	4
4	3	4
5	4	5
6	3	3
7	4	3

Pemesanan Ke-	Aktual (Hari)	Simulasi Iterasi Ke-3726 (Hari)
8	2	4
9	4	3
10	4	4
11	5	6
12	2	5
13	3	4
14	4	2
15	3	4
16	3	2
17	6	4
18	3	4
19	3	2
20	5	3
21	3	5
22	2	5
23	4	3
24	4	2
25	3	3
26	5	2
27	3	3
28	4	4
29	4	5
30	2	3
31	3	3
32	6	3
Jumlah	116	116
Rata-Rata	3,625	3,625
Standar Deviasi	1,070122091	1,070122091

Berdasarkan Tabel 4.23, total *lead time* pemesanan bahan baku resin dari data aktual dan hasil simulasi menunjukkan nilai yang identik, yaitu 116 hari. Rata-rata *lead time* dari 32 kali pemesanan juga sama, yaitu 3,625 hari, yang jika dibulatkan menjadi 4 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa simulasi mampu merepresentasikan kondisi aktual dengan sangat baik. Selain itu, nilai standar deviasi pada data simulasi juga sama dengan data aktual, yakni 1,07, yang mengindikasikan bahwa sebaran atau variasi waktu tunggu pada hasil simulasi sebanding dengan kenyataan. Dengan demikian, model simulasi ini dapat dianggap valid dan stabil dalam merefleksikan *lead time* pemesanan resin.



Gambar 4. 8. Grafik Perbandingan Aktual – Simulasi Lead Time Resin

Berdasarkan Gambar 4.8, terlihat perbandingan pola *lead time* pemesanan aktual dan hasil simulasi resin. Visualisasi ini membantu mengidentifikasi sejauh mana hasil simulasi mampu mengikuti *lead time* aktual setiap bulannya.

4.1.14 Validasi Model Hasil Simulasi Lead Time Pemesanan Resin

Selanjutnya, untuk memastikan validitas model simulasi secara statistik, dilakukan pengujian menggunakan uji-t berpasangan (*paired t-test*) terhadap data aktual *lead time* pemesanan bahan baku resin dan hasil simulasi per bulan. Hasil dari perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.24 berikut.

Tabel 4. 24. Uji T-Berpasangan Simulasi Lead Time Pemesanan Resin

<i>t-Test: Paired Two Sample for Means</i>		
	Aktual Lead Time	Simulasi Lead Time
Mean	3.625	3.625
Variance	1.14516129	1.14516129
Observations	32	32
Pearson Correlation	-0.098591549	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	31	
t Stat	0	
P(T<=t) one-tail	0.5	
t Critical one-tail	1.695518783	
P(T<=t) two-tail	1	
t Critical two-tail	2.039513446	

Berdasarkan Tabel 4.24, ditunjukkan hasil uji *paired t-test* antara data aktual dan hasil simulasi *lead time* pemesanan bahan baku resin. Nilai rata-rata (*mean*) untuk keduanya adalah 3,625, dengan nilai *varians* yang juga sama yaitu 1,145. Uji

dilakukan dengan jumlah observasi sebanyak 32 data ($df = 31$) dan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai t_{hitung} sebesar 0, sedangkan nilai t_{tabel} dua arah sebesar 2,039. Karena $t_{hitung} < t_{tabel}$, maka berdasarkan pengujian pada persamaan (2.12), keputusan uji menyatakan bahwa H_0 diterima, artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata *lead time* aktual dan hasil simulasi. Artinya, model simulasi dapat dikatakan valid secara statistik untuk merepresentasikan kondisi aktual pemesanan bahan baku resin.

4.1.15 Tingkat Akurasi Prediksi Permintaan Berdasarkan MAPE

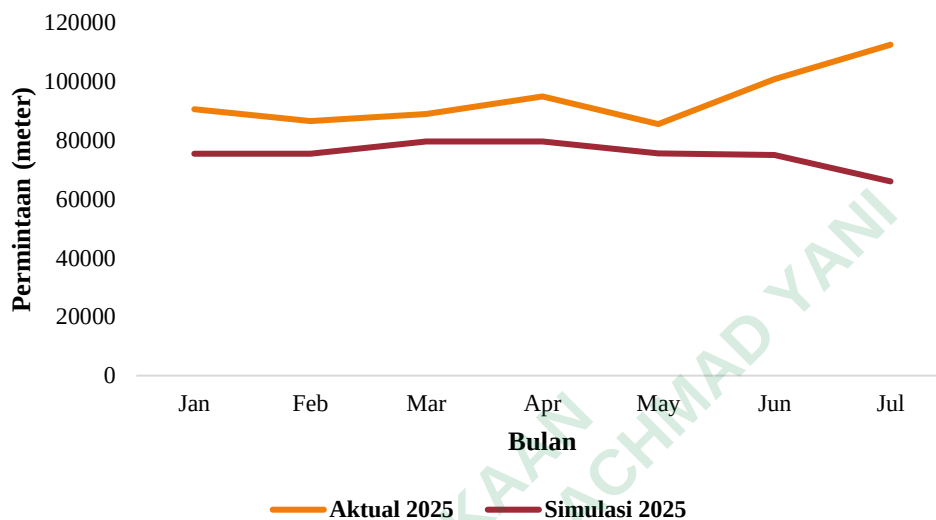
Pengukuran akurasi hasil simulasi dalam memprediksi permintaan plafon PVC dilakukan dengan menghitung *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE digunakan sebagai indikator untuk menunjukkan tingkat kesalahan antara data aktual dan hasil simulasi dalam bentuk persentase. Perhitungan dilakukan menggunakan data aktual dari bulan Januari hingga Juli 2025, karena data permintaan hingga Desember 2025 belum tersedia secara lengkap. Nilai MAPE dihitung menggunakan persamaan (2.9). Tabel 4.25 menyajikan data aktual, hasil simulasi, kesalahan relatif per bulan, serta total dan rata-rata kesalahan dalam bentuk MAPE.

Tabel 4. 25. Tingkat Prediksi Simulasi *Demand* Plafon PVC (MAPE)

Periode	Aktual (meter)	Simulasi (meter)	Relatif Error
Januari 2025	90.565	75.440	0,167007122
Februari 2025	86.560	75.438	0,128488909
Maret 2025	88.857	79.570	0,104516245
April 2025	94.875	79.570	0,161317523
Mei 2025	85.486	75.500	0,116814449
Juni 2025	100.795	75.000	0,255915472
Juli 2025	112.452	66.000	0,413082915
Jumlah			1,347142636
MAPE			19,24%

Berdasarkan Tabel 4.25, diperoleh nilai MAPE sebesar 19,24% untuk periode Januari hingga Juli 2025. Angka ini menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan prediksi hasil simulasi terhadap data aktual berada pada kisaran 19,24%. Mengacu pada kriteria evaluasi MAPE pada Tabel 2.2, nilai tersebut termasuk dalam kategori “baik” karena berada pada rentang 10–20%. Namun, nilai ini masih bersifat sementara mengingat data permintaan tahun 2025 belum tersedia secara penuh.

Akurasi model perlu dievaluasi kembali dan dapat ditingkatkan setelah data aktual hingga akhir tahun tersedia secara menyeluruh. Gambar 4.9 berikut menampilkan grafik perbandingan permintaan aktual dan hasil simulasi plafon PVC tahun 2025.



Gambar 4. 9. Grafik Tingkat Prediksi Permintaan Plafon PVC

Berdasarkan Gambar 4.9, terlihat bahwa tren permintaan aktual dan hasil simulasi menunjukkan pola yang relatif sejalan, meskipun terdapat selisih nilai pada beberapa bulan. Selisih terbesar terjadi pada bulan Juni–Juli 2025, di mana permintaan aktual cenderung meningkat, sedangkan hasil simulasi mengalami penurunan. Perbedaan ini menjadi salah satu faktor penyebab nilai MAPE berada pada kisaran 19,24%.

4.1.16 Uji Distribusi Data Hasil Simulasi

Distribusi data hasil simulasi *monte carlo* dianalisis untuk melihat karakteristik penyebarannya. Uji distribusi dilakukan terhadap tiga variabel penting, yaitu permintaan plafon PVC, *lead time* pemesanan bahan baku kalsium, dan *lead time* pemesanan bahan baku resin. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah data hasil simulasi mengikuti distribusi tertentu, seperti normal, beta, atau lainnya, yang kemudian dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan persediaan. Berikut merupakan hasil uji distribusi data masing-masing hasil simulasi pada Tabel 4.26.

Tabel 4. 26. Uji Distribusi Data Hasil Simulasi

Hasil Simulasi	Jenis Distribusi	Expression	Square Error
Permintaan Plafon PVC	Uniform	UNIF (5.9e + 004, 7.96e + 004)	0,063889
Lead Time Pemesanan Kalsium	Erlang	1.5 + ERLA (0.639, 3)	0,005153
Lead Time Pemesanan Resin	Beta	1.5 + 5 * BETA (1.84, 2.49)	0,000841

Hasil uji distribusi data Tabel 4.26 menunjukkan data permintaan plafon PVC cenderung mengikuti distribusi *uniform*, *lead time* kalsium mendekati distribusi beta atau erlang, dan *lead time* resin tidak sepenuhnya mengikuti distribusi normal.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Simulasi_Permintaan_Plafon	.286	12	.008	.873	12	.071

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 4. 10. Uji Normalitas Data Permintaan Plafon PVC

Berdasarkan hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* pada data permintaan plafon PVC (Sig. = 0,071 > 0,05), dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal. Meskipun hasil *fitting* distribusi pada Tabel 4.26 menunjukkan pola *uniform*, asumsi distribusi normal tetap digunakan dalam perhitungan EOQ probabilistik, *safety stock*, dan *reorder point*. Keputusan ini diambil karena data telah memenuhi syarat normalitas, sehingga pendekatan distribusi normal dapat diterapkan secara sah. Hal ini sejalan dengan panduan Ghasemi & Zahediasl (2012) yang merekomendasikan penggunaan uji normalitas, seperti *Shapiro-Wilk*, untuk memastikan validitas penerapan metode parametrik, termasuk pada perhitungan EOQ probabilistik, *safety stock*, dan *reorder point*.

4.1.17 Konversi Hasil Simulasi Permintaan Produk Ke *Bill of Material*

Berdasarkan hasil simulasi *monte carlo* iterasi ke-823 pada Tabel 2.9, diperoleh estimasi total permintaan plafon PVC sebesar 855.920 meter selama periode yang dianalisis. Mengacu pada struktur *Bill of Material* (BOM) pada Gambar 4.2, diketahui bahwa untuk setiap 1 meter plafon PVC dibutuhkan 333 gram kalsium dan 166 gram resin. Oleh karena itu, kebutuhan total bahan baku utama dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4. 27. Konversi Demand Plafon Berdasarkan Bill of Material

Bahan Baku	Kebutuhan Per Meter	Hasil Simulasi (meter)	Total Kebutuhan (gram)	Total Kebutuhan (kg)
Kalsium	333 gram	855.920	285.021.360	285.021
Resin	166 gram	855.920	142.082.720	142.083

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.27, diperoleh total kebutuhan bahan baku utama untuk produksi plafon PVC sebanyak 855.920 meter, yaitu sekitar 285.220 kg kalsium dan 142.028 kg resin. Nilai ini menjadi dasar dalam penentuan parameter inventori menggunakan pendekatan EOQ probabilistik, termasuk perhitungan *safety stock* dan *reorder point* (ROP) dengan mempertimbangkan ketidakpastian permintaan dan *lead time*.

4.1.18 Komponen Biaya Kalsium

Perhitungan total biaya persediaan untuk bahan baku kalsium mencakup tiga komponen utama, yaitu biaya pemesanan (*ordering cost*), biaya penyimpanan (*holding cost*), dan biaya kekurangan persediaan (*stockout cost*).

1. Biaya Pemesanan (*Ordering Cost*)

Biaya pemesanan bahan baku kalsium meliputi biaya administrasi, biaya telekomunikasi, biaya transportasi pengiriman, serta ongkos pemesanan dari pemasok. Rincian biaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4. 28. Biaya Pemesanan Kalsium

Biaya Pemesanan (Per Pemesanan)	
Komponen	Biaya (Rp)
Administrasi	Rp. 20.000
Telekomunikasi	Rp 5.000
Transportasi Darat	Rp 2.000.000
Transportasi Laut	Rp 1.000.000
Total (Rp)	Rp 3.025.000

Berdasarkan Tabel 4.28, total biaya pemesanan bahan baku kalsium adalah sebesar Rp 3.025.000/pemesanan.

2. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost*)

Biaya penyimpanan (*holding cost*) dihitung berdasarkan proporsi penggunaan gudang untuk kalsium, yaitu sebesar 25% dari total kapasitas gudang. Komponen biaya penyimpanan meliputi biaya administrasi gudang, biaya listrik gudang, biaya pemeliharaan gudang, dan biaya tenaga kerja gudang. Perhitungan dilakukan dengan membagi total biaya tahunan yang dialokasikan

untuk kalsium dengan kapasitas penyimpanan kalsium sebesar 50.000 kg per tahun. Rincian biaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4. 29. Biaya Penyimpanan Kalsium Per Kg Per Tahun

Biaya Penyimpanan (Per kg Per Tahun)	
Komponen	Biaya (Rp)
Administrasi Gudang	Rp 20
Listrik Gudang	Rp 20
Pemeliharaan Gudang	Rp 35
Tenaga Kerja Gudang (1 orang)	Rp 144
Total (Rp)	Rp 219

Berdasarkan Tabel 4.29, total biaya penyimpanan kalsium adalah sebesar Rp 219/kg/tahun, biaya listrik gudang sebesar Rp 20/kg/tahun, biaya pemeliharaan gudang sebesar Rp 35/kg/tahun, dan biaya tenaga kerja gudang sebesar Rp 144/kg/tahun.

3. Biaya Kekurangan Persediaan (*Stockout Cost*)

Biaya kekurangan persediaan (*stockout cost*) timbul ketika stok kalsium tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan produksi. Pada kondisi ini, perusahaan harus melakukan pembelian darurat kepada pemasok dengan harga yang lebih tinggi dibandingkan pembelian normal. Biaya pembelian darurat dihitung per kilogram kalsium yang diperlukan pada saat kekurangan stok. Rincian biaya tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.30.

Tabel 4. 30. Biaya Kehabisan Persediaan Kalsium

Biaya Kehabisan Persediaan (Per kg)		
Komponen	Harga Normal	Kenaikan (25%)
Pembelian Darurat	Rp950.00	Rp1,188

Berdasarkan Tabel 4.30, pembelian darurat menyebabkan biaya tambahan sebesar Rp 238/kg atau naik 25% dari harga normal, dan biaya ini hanya muncul ketika terjadi kekurangan stok kalsium.

4.1.19 Komponen Biaya Resin

Perhitungan total biaya persediaan untuk bahan baku resin mencakup tiga komponen utama, yaitu biaya pemesanan (*ordering cost*), biaya penyimpanan (*holding cost*), dan biaya kekurangan persediaan (*stockout cost*).

1. Biaya Pemesanan (*Order Cost*)

Biaya pemesanan bahan baku resin meliputi biaya administrasi, biaya telekomunikasi, biaya transportasi pengiriman, serta ongkos pemesanan dari pemasok. Rincian biaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4. 31. Biaya Pemesanan Resin

Biaya Pemesanan (Per Pemesanan)	
Komponen	Biaya (Rp)
Administrasi	Rp. 10.000
Telekomunikasi	Rp 2.500
Transportasi Darat	Rp 2.500.000
Transportasi Laut	Rp 1.000.000
Total (Rp)	Rp 3.512.500

Berdasarkan Tabel 4.31, total biaya pemesanan bahan baku resin adalah sebesar Rp 3.512.500 untuk setiap kali pemesanan.

2. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost*)

Biaya penyimpanan (*holding cost*) dihitung berdasarkan proporsi penggunaan gudang untuk resin, yaitu sebesar 25% dari total kapasitas gudang. Komponen biaya penyimpanan meliputi biaya administrasi gudang, biaya listrik gudang, biaya pemeliharaan gudang, dan biaya tenaga kerja gudang. Perhitungan dilakukan dengan membagi total biaya tahunan yang dialokasikan untuk resin dengan kapasitas penyimpanan resin sebesar 50.000 kg per tahun. Rincian biaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4. 32. Biaya Penyimpanan Resin Per Kg Per Tahun

Biaya Penyimpanan (Per kg Per Tahun)	
Komponen	Biaya (Rp)
Biaya Administrasi Gudang	Rp 20
Biaya Listrik Gudang	Rp 20
Biaya Pemeliharaan Gudang	Rp 35
Biaya Tenaga Kerja Gudang (1 orang)	Rp 144
Total (Rp)	Rp 219

Berdasarkan Tabel 4.32, total biaya penyimpanan resin adalah sebesar Rp 219/kg/tahun, biaya listrik gudang sebesar Rp 20/kg/tahun, biaya pemeliharaan gudang sebesar Rp 35/kg/tahun, dan biaya tenaga kerja gudang sebesar Rp 144/kg/tahun.

3. Biaya Kehabisan Persediaan (*Stockout Cost*)

Resin merupakan bahan baku utama dalam pembuatan plafon PVC yang tidak memiliki bahan substitusi. Artinya, ketika terjadi kekurangan persediaan (*stockout*), pabrik tidak dapat mengganti resin dengan bahan lain. Dalam

kondisi seperti ini, satu-satunya opsi adalah melakukan pembelian darurat dari pemasok lain di luar kontrak utama. Pembelian darurat biasanya memiliki harga yang lebih tinggi karena tidak melalui mekanisme pemesanan reguler, melainkan mengikuti harga pasar saat itu. Berdasarkan data, harga resin normal adalah Rp 1.250/kg, dan pada kondisi *stockout* harga tersebut meningkat sebesar 25% akibat pembelian mendesak. Rincian biaya kekurangan persediaan resin dapat dilihat pada Tabel 4.33 berikut.

Tabel 4. 33. Biaya Kehabisan Persediaan Resin

Biaya Kehabisan Persediaan (Per kg)		
Komponen	Harga Normal	Kenaikan (25%)
Pembelian Darurat	Rp 1.250	Rp 1.563

Berdasarkan Tabel 4.33, terlihat bahwa adanya *stockout* memberikan dampak langsung pada biaya produksi. Kenaikan harga sebesar 25% dari Rp 1.250/kg menjadi Rp 1.563/kg meningkatkan total biaya bahan baku resin secara signifikan, terutama jika volume pembelian darurat cukup besar.

4.1.20 Perhitungan EOQ Probabilistik Rumus 1 Bahan Baku Kalsium

Setelah diperoleh hasil simulasi *monte carlo* yang digunakan untuk meramalkan permintaan dan *lead time* pemesanan pada periode berikutnya, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *Economic Order Quantity* (EOQ) Probabilistik untuk bahan baku kalsium. Perhitungan EOQ Probabilistik memerlukan data biaya yang meliputi biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kehabisan persediaan. Data tersebut untuk bahan baku kalsium disajikan pada Tabel 4.28, Tabel 4.29 dan Tabel 4.30. Langkah-langkah perhitungan EOQ Probabilistik adalah sebagai berikut.

1. Menghitung nilai Q sementara menggunakan rumus 1 pada Persamaan (2.14), sebagai berikut.

$$q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$q = \sqrt{\frac{2 \times 285.021 \times 3.025.000}{219}} \quad (4.25)$$

$$q = 88.734,873 \approx 88.735 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan pada persamaan (4.25), diperoleh nilai kuantitas pemesanan (Q) sementara sebesar 88.735 kg. Nilai ini merupakan hasil perhitungan sebelum mempertimbangkan probabilitas terjadinya kehabisan persediaan pada perhitungan EOQ probabilistik.

2. Menghitung Peluang Kehabisan Persediaan (P(KP)) dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.15), sebagai berikut.

$$P(KP) = \frac{H \times q}{D \times BKP}$$

$$P(KP) = \frac{219 \times 88.375}{285.021 \times 1.188} \quad (4.26)$$

$$P(KP) = 0,0574153$$

Berdasarkan hasil perhitungan, peluang terjadinya kehabisan persediaan adalah sebesar 0,0574153. Dengan demikian, peluang tidak terjadinya kehabisan persediaan dapat dihitung sebagai $1 - 0,0574153 = 0,9426$. Nilai peluang 0,9426 tersebut, jika dicocokkan dengan Tabel Z Distribusi Normal (Lampiran 17), berada di antara 0,9418 dan 0,9429, masing-masing pada $Z = 1,57$ dan $Z = 1,58$. Untuk memperoleh nilai *service level* yang tepat, digunakan metode interpolasi linear menggunakan persamaan (2.17) ditunjukkan pada perhitungan berikut.

$$\frac{P - P_1}{x - Z_1} = \frac{P_2 - P_1}{Z_2 - Z_1}$$

$$\frac{0,9426 - 0,9418}{x - 1,57} = \frac{0,9429 - 0,9418}{1,58 - 1,57}$$

$$\frac{0,0008}{x - 1,57} = \frac{0,0011}{0,01} \quad (4.27)$$

$$x - 1,57 = \frac{0,0008 \times 0,01}{0,0011}$$

$$x = 0,0072 + 1,57 = 1,5772 \approx 1,58$$

Berdasarkan hasil interpolasi linear, diperoleh nilai Z sebesar 1,58. Jika dikonversi ke dalam tingkat pelayanan (*service level*), nilai tersebut setara dengan peluang tidak terjadinya kehabisan persediaan sebesar $\pm 94,26\%$.

3. Menghitung *Safety Stock* (SS) dilakukan menggunakan rumus pada persamaan (2.18). Sebelum menghitung nilai *safety stock*, terlebih dahulu ditentukan nilai *expected demand* selama *lead time* (EDL), yang diperoleh dari hasil perkalian antara rata-rata kebutuhan bahan baku kalsium per hari dengan rata-rata *lead*

time pemesanan. Rata-rata kebutuhan harian bahan baku kalsium per meter diperoleh berdasarkan distribusi permintaan yang telah dihitung. Nilai *expected demand* plafon PVC per meter untuk setiap bulan beserta probabilitasnya ditunjukkan pada Tabel 4.34.

Tabel 4. 34. Expected Demand Plafon PVC Per Meter

<i>Demand (meter)</i>	<i>Frekuensi</i>	<i>Probabilitas</i>	<i>ED Demand Per Meter Per Bulan</i>
75.440	3	0,250	18.860
79.570	2	0,167	13.262
75.500	1	0,083	6.292
75.000	1	0,083	6.250
66.000	3	0,250	16.500
58.960	1	0,083	4.913
63.000	1	0,083	5.250
Expected Demand Per Bulan (Meter)			71.327
Expected Demand Per Hari (Meter)			2.853

Selanjutnya, nilai *expected demand* plafon PVC per meter pada Tabel 4.34 dikonversi menjadi kebutuhan bahan baku kalsium dalam satuan kilogram. Konversi dilakukan dengan mengalikan setiap nilai permintaan per meter dengan kebutuhan kalsium sebesar 333 gram per meter. Hasil konversi tersebut disajikan pada Tabel 4.35.

Tabel 4. 35. Expected Demand Bahan Baku Kalsium Per Kg

<i>Demand (Kg)</i>	<i>Frekuensi</i>	<i>Probabilitas</i>	<i>ED Demand Per Kg Per Bulan</i>
25.122	3	0,250	6.280
26.497	2	0,167	4.416
25.142	1	0,083	2.095
24.975	1	0,083	2.081
21.978	3	0,250	5.495
19.634	1	0,083	1.636
20.979	1	0,083	1.748
Expected Demand Per Bulan (Kg)			23.752
Expected Demand Per Hari (Kg)			950

Berdasarkan Tabel 4.35, diperoleh nilai *expected demand* harian bahan baku kalsium sebesar 950 kg. Langkah berikutnya adalah menentukan nilai *expected lead time* dengan menghitung rata-rata *lead time* berbobot probabilitas dari hasil simulasi yang telah dinyatakan valid. Perhitungan ini dilakukan dengan mengalikan setiap nilai *lead time* hasil simulasi dengan probabilitasnya masing-masing, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.36.

Tabel 4. 36. Expected Lead Time Pemesanan Kalsium

Hari	Frekuensi	Probabilitas	ED Lead Time/Hari
4	13	0,217	0,867
3	22	0,367	1,100
5	8	0,133	0,667
7	1	0,017	0,117
2	14	0,233	0,467
6	2	0,033	0,200
Expected Lead Time Kalsium (Hari)			3,417

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.36, diperoleh nilai *expected lead time* pemesanan bahan baku kalsium sebesar 3,417. Nilai ini kemudian digunakan sebagai input dalam perhitungan *expected demand selama lead time* (EDL) untuk menentukan *safety stock* dan *reorder point*.

$$SS = Z \times EDL$$

$$SS = 1,58 \times 950 \times 3,417 \quad (4.28)$$

$$SS = 5.120 \text{ kg}$$

Sehingga didapatkan nilai *safety stock* atau stok pengaman bahan baku kalsium yaitu sebanyak 5.120 kg.

4. Menghitung ROP dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.20) sebagai berikut.

$$ROP = EDL + SS$$

$$ROP = (950 \times 3,417) + 5.120 \quad (4.29)$$

$$ROP = 8.366 \text{ kg}$$

Berdasarkan hasil tersebut, nilai *reorder point* (ROP) bahan baku kalsium adalah sebesar 8.366 kg, yang menunjukkan tingkat persediaan minimum saat pemesanan ulang harus dilakukan.

5. Menghitung Q (Kuantitas Pemesanan) Optimal dengan menggunakan persamaan (2.21), sebagai berikut.

$$Q = \sqrt{\left(\frac{2D(S + BKP \times P(KP))}{H} \right)} \quad (4.30)$$

$$Q = \sqrt{\left(\frac{2 \times 285.021(3.025.000 + 1.188 \times (0,057))}{219} \right)}$$

$$Q = 88.735,873 \approx 88.736 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan Q Optimal tersebut didapatkan hasil yaitu ketika melakukan pemesanan jumlah bahan baku kalsium yang harus dipesan yaitu sejumlah 88.736 kg/pemesanan.

4.1.21 Perhitungan EOQ Probabilistik Rumus 1 Bahan Baku Resin

Setelah diperoleh hasil simulasi *monte carlo* yang digunakan untuk meramalkan permintaan dan *lead time* pemesanan pada periode berikutnya, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *Economic Order Quantity* (EOQ) Probabilistik untuk bahan baku resin. Perhitungan EOQ Probabilistik memerlukan data biaya yang meliputi biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kehabisan persediaan. Data tersebut untuk bahan baku kalsium disajikan pada Tabel 4.31, Tabel 4.32 dan Tabel 4.33. Langkah-langkah perhitungan EOQ Probabilistik adalah sebagai berikut.

1. Menghitung nilai Q sementara menggunakan rumus pada Persamaan (2.14), sebagai berikut.

$$q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$q = \sqrt{\frac{2 \times 142.083 \times 3.512.500}{219}} \quad (4.31)$$

$$q = 67.510,564 \approx 67.511 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan pada persamaan (4.31), diperoleh nilai kuantitas pemesanan (Q) sementara sebesar 67.511 kg. Nilai ini merupakan hasil perhitungan sebelum mempertimbangkan probabilitas terjadinya kehabisan persediaan pada perhitungan EOQ probabilistik.

2. Menghitung Peluang Kehabisan Persediaan (P(KP)) dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.15), sebagai berikut.

$$P(KP) = \frac{H \times q}{D \times BKP}$$

$$P(KP) = \frac{219 \times 67.511}{142.083 \times 1.563} \quad (4.32)$$

$$P(KP) = 0,0331985$$

Berdasarkan hasil perhitungan, peluang terjadinya kehabisan persediaan adalah sebesar 0,0331985. Dengan demikian, peluang tidak terjadinya kehabisan persediaan dapat dihitung sebagai $1 - 0,0331985 = 0,9668$. Nilai peluang 0,9668 tersebut, jika dicocokkan dengan Tabel Z Distribusi Normal (Lampiran 17), berada di antara 0,9664 dan 0,9671, masing-masing pada $Z = 1,83$ dan $Z = 1,84$. Untuk memperoleh nilai *service level* yang tepat, digunakan metode interpolasi linear menggunakan persamaan (2.17) ditunjukkan pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} \frac{P - P_1}{x - Z_1} &= \frac{P_2 - P_1}{Z_2 - Z_1} \\ \frac{0,9668 - 0,9664}{x - 1,83} &= \frac{0,9671 - 0,9664}{1,84 - 1,83} \\ \frac{0,0004}{x - 1,83} &= \frac{0,0007}{0,01} \\ x - 1,83 &= \frac{0,0004 \times 0,01}{0,0007} \\ x &= 0,00571 + 1,83 = 1,8357 \approx 1,84 \end{aligned} \quad (4.33)$$

Berdasarkan hasil interpolasi linear, diperoleh nilai Z sebesar 1,84. Jika dikonversi ke dalam tingkat pelayanan (*service level*), nilai tersebut setara dengan peluang tidak terjadinya kehabisan persediaan sebesar $\pm 96,68\%$.

3. Menghitung *Safety Stock* (SS) dilakukan menggunakan rumus pada persamaan (2.18). Sebelum menghitung nilai *safety stock*, terlebih dahulu ditentukan nilai *expected demand* selama *lead time* (EDL), yang diperoleh dari hasil perkalian antara rata-rata kebutuhan bahan baku resin per hari dengan rata-rata *lead time* pemesanan. Rata-rata kebutuhan harian bahan baku resin per meter diperoleh berdasarkan distribusi permintaan yang telah dihitung. Nilai *expected demand* plafon PVC per meter untuk setiap bulan beserta probabilitasnya ditunjukkan pada Tabel 4.34. Selanjutnya, nilai *expected demand* plafon PVC per meter pada Tabel 4.34 dikonversi menjadi kebutuhan bahan baku resin dalam satuan kilogram. Konversi dilakukan dengan mengalikan setiap nilai permintaan per meter dengan kebutuhan resin sebesar 166 gram per meter. Hasil konversi tersebut disajikan pada Tabel 4.37.

Tabel 4. 37. *Expected Demand Bahan Baku Resin Per Kg*

Demand (Kg)	Frekuensi	Probabilitas	ED Demand Per Kg Per Bulan
12.523	3	0,250	3.131
13.209	2	0,167	2.201
12.533	1	0,083	1.044
12.450	1	0,083	1.038
10.956	3	0,250	2.739
9.787	1	0,083	816
10.458	1	0,083	872
Expected Demand Per Bulan (Kg)			11.840
Expected Demand Per Hari (Kg)			474

Berdasarkan Tabel 4.37, diperoleh nilai *expected demand* harian bahan baku resin sebesar 474 kg. Langkah berikutnya adalah menentukan nilai *expected lead time* dengan menghitung rata-rata *lead time* berbobot probabilitas dari hasil simulasi yang telah dinyatakan valid. Perhitungan ini dilakukan dengan mengalikan setiap nilai *lead time* hasil simulasi dengan probabilitasnya masing-masing, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.38.

Tabel 4. 38. *Expected Lead Time Pemesanan Resin*

Hari	Frekuensi	Probabilitas	ED Lead Time/Hari
3	12	0,375	1,125
5	4	0,125	0,625
4	10	0,313	1,25
2	4	0,125	0,25
6	2	0,063	0,375
Expected Lead Time Resin (Hari)			3,625

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.38, diperoleh nilai *expected lead time* pemesanan bahan baku kalsium sebesar 3,625. Nilai ini kemudian digunakan sebagai *input* dalam perhitungan *expected demand selama lead time* (EDL) untuk menentukan *safety stock* dan *reorder point*.

$$SS = Z \times EDL$$

$$SS = 1,84 \times 474 \times 3,625 \quad (4.34)$$

$$SS = 3.152 \text{ kg}$$

Sehingga didapatkan nilai *safety stock* atau stok pengaman bahan baku resin yaitu sebanyak 3.152 kg.

4. Menghitung ROP dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.20) sebagai berikut.

$$ROP = EDL + SS$$

$$ROP = (474 \times 3,625) + 3.152 \quad (4.35)$$

$$ROP = 4.868 \text{ kg}$$

Berdasarkan hasil tersebut, nilai *reorder point* (ROP) bahan baku resin adalah sebesar 4.868 kg, yang menunjukkan tingkat persediaan minimum saat pemesanan ulang harus dilakukan.

5. Menghitung Q (Kuantitas Pemesanan) Optimal dengan menggunakan persamaan (2.21), sebagai berikut.

$$Q = \sqrt{\left(\frac{2D(S + BKP \times P(KP))}{H} \right)}$$

$$Q = \sqrt{\left(\frac{2 \times 142.083(3.512.500 + 1.563 \times (0,033))}{219} \right)} \quad (4.36)$$

$$Q = 67.511,063 \approx 67.511 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan Q Optimal tersebut didapatkan hasil yaitu ketika melakukan pemesanan jumlah bahan baku kalsium yang harus dipesan yaitu sejumlah 67.511 kg/pemesanan.

4.1.22 Perhitungan EOQ Probabilistik Rumus 2 Bahan Baku Kalsium

Perhitungan persediaan bahan baku kalsium pada model probabilistik (Rumus 2) dilakukan secara bertahap untuk menentukan *Safety Stock* (SS), *Reorder Point* (ROP), dan Q Optimal. Sebelum memasuki perhitungan SS, ROP, dan EOQ, langkah awal adalah menentukan kebutuhan harian serta parameter variabilitas permintaan dan *lead time* yang menjadi *input* model. Data kebutuhan kalsium bersumber dari hasil simulasi permintaan periode Januari – Desember 2025. Berikut merupakan data kebutuhan kalsium pada Tabel 4.39.

Tabel 4. 39. Data Kebutuhan Kalsium Per Kg Per Tahun

Bulan	Kebutuhan (Kg)
Januari	25122
Februari	25122
Maret	26497
April	26497
Mei	25142
Juni	24975

Bulan	Kebutuhan (Kg)
Juli	21978
Agustus	19634
September	21978
Oktober	25122
November	20979
Desember	21978
Jumlah	285021
Rata-Rata Bulan	23752
Rata-Rata Hari	950,07
Standar Deviasi Bulan	2300.444112
Standar Deviasi Hari	460,09

Berdasarkan data pada Tabel 4.39, rata-rata kebutuhan harian bahan baku kalsium adalah 950,07 kg. Nilai ini, bersama dengan data *lead time* kalsium pada Gambar 4.4 yang menunjukkan pola acak, menjadi dasar penggunaan model probabilistik sesuai rumus pada Tabel 2.3 dimana permintaan dan *lead time* yang bersifat acak atau beragam. Tahapan perhitungan dilakukan sebagai berikut.

1. Menentukan *Safety Stock* (SS) menggunakan rumus pada Tabel 2.3, dengan mempertimbangkan variabilitas kebutuhan dan *lead time*, serta nilai *Z-score* yang diperoleh dari tingkat pelayanan yang ditetapkan sebesar 95% (CSL = 1,65). Adapun perhitungan *safety stock* adalah sebagai berikut.

$$SS = Z_a \sqrt{L\sigma_d^2 + \bar{d}^2\sigma_L^2}$$

$$SS = 1.65 \sqrt{(3,42)(460,09)^2 + (950,07)^2(1,15)^2}$$

$$SS = 2.290 \text{ kg}$$
(4.37)

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai *safety stock* sebesar 2.285 kg, yang menunjukkan jumlah persediaan pengaman yang perlu disediakan untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan dan *lead time* agar tingkat pelayanan sebesar 95% dapat terpenuhi.

2. Menentukan *Reorder Point* (ROP) dilakukan dengan menjumlahkan perkiraan permintaan selama *lead time* dan *Safety Stock*. Nilai ini menetapkan level persediaan dimana pesanan baru harus ditempatkan agar pengiriman barang tiba sebelum persediaan aktual turun di bawah kebutuhan operasional, sekaligus

mempertimbangkan variasi permintaan dan *lead time* yang telah diakomodasi oleh *safety stock*. Adapun perhitungan *reorder point* adalah sebagai berikut.

$$ROP = \bar{d}\bar{L} + SS$$

$$ROP = (950,07)(3,42) + 2.290 \quad (4.38)$$

$$ROP = 5.536 \text{ kg}$$

Nilai ROP sebesar 5.536 kg menunjukkan bahwa pemesanan ulang harus dilakukan ketika persediaan mencapai jumlah tersebut. Angka ini sudah mempertimbangkan kebutuhan rata-rata selama *lead time* serta tambahan *safety stock* untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan dan *lead time*, sehingga risiko kehabisan stok dapat diminimalkan.

3. Menghitung nilai Q sementara menggunakan rumus pada persamaan (2.14), sebagai berikut:

$$q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$q = \sqrt{\frac{2 \times 285.021 \times 3.025.000}{219}} \quad (4.39)$$

$$q = 88.734,873 \approx 88.735 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan pada persamaan (4.38), diperoleh nilai kuantitas pemesanan (Q) sementara sebesar 88.735 kg. Nilai ini merupakan hasil perhitungan sebelum mempertimbangkan probabilitas terjadinya kehabisan persediaan pada perhitungan EOQ probabilistik.

4. Menghitung Q (*Quantity*) Optimal dengan menggunakan persamaan (2.21) yang mempertimbangkan probabilitas *stockout*, sebagai berikut.

$$Q = \sqrt{\left(\frac{2D(S + BKP \times P(KP))}{H}\right)}$$

$$Q = \sqrt{\left(\frac{2 \times 285.021(3.025.000 + 1.188 \times (0,05))}{219}\right)} \quad (4.40)$$

$$Q = 88.735,873 \approx 88.736 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan Q Optimal tersebut didapatkan hasil yaitu ketika melakukan pemesanan jumlah bahan baku kalsium yang harus dipesan yaitu sejumlah 88.736 kg/pemesanan.

4.1.23 Perhitungan EOQ Probabilistik Rumus 2 Bahan Baku Resin

Perhitungan persediaan bahan baku resin pada model probabilistik (Rumus 2) dilakukan secara bertahap untuk menentukan *Safety Stock* (SS), *Reorder Point* (ROP), dan Q Optimal. Sebelum memasuki perhitungan SS, ROP, dan EOQ, langkah awal adalah menentukan kebutuhan harian serta parameter variabilitas permintaan dan *lead time* yang menjadi *input* model. Data kebutuhan resin bersumber dari hasil simulasi permintaan periode Januari – Desember 2025. Berikut merupakan data kebutuhan resin pada Tabel 4.40.

Tabel 4. 40. Data Kebutuhan Resin Per Kg Per Tahun

Bulan	Kebutuhan (Kg)
Januari	12523
Februari	12523
Maret	13209
April	13209
Mei	12533
Juni	12450
Juli	10956
Agustus	9787
September	10956
Oktober	12523
November	10458
Desember	10956
Jumlah	142083
Rata-Rata Bulan	11840
Rata-Rata Hari	473,71
Standar Deviasi Bulan	1146.767936
Standar Deviasi Hari	1.07

Berdasarkan data pada Tabel 4.40, rata-rata kebutuhan harian bahan baku resin adalah 473,71 kg. Nilai ini, bersama dengan data *lead time* resin pada Gambar 4.5 yang menunjukkan pola acak, menjadi dasar penggunaan model probabilistik sesuai rumus pada Tabel 2.3 dimana permintaan dan *lead time* yang bersifat acak atau beragam. Tahapan perhitungan dilakukan sebagai berikut.

1. Menentukan *Safety Stock* (SS) menggunakan rumus pada Tabel 2.3, dengan mempertimbangkan variabilitas kebutuhan dan *lead time*, serta nilai *Z-score* yang diperoleh dari tingkat pelayanan yang ditetapkan sebesar 95% (CSL = 1,65). Adapun perhitungan *safety stock* adalah sebagai berikut.

$$SS = Z_a \sqrt{\bar{L}\sigma_d^2 + \bar{d}^2\sigma_L^2}$$

$$SS = 1.65 \sqrt{(3,63)(229,35)^2 + (473,61)^2(1,07)^2} \quad (4.41)$$

$$SS = 1.104 \text{ kg}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai *safety stock* sebesar 1.104 kg, yang menunjukkan jumlah persediaan pengaman yang perlu disediakan untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan dan *lead time* agar tingkat pelayanan sebesar 95% dapat terpenuhi.

2. Menentukan *Reorder Point* (ROP) dilakukan dengan menjumlahkan perkiraan permintaan selama *lead time* dan *Safety Stock*. Nilai ini menetapkan level persediaan dimana pesanan baru harus ditempatkan agar pengiriman barang tiba sebelum persediaan aktual turun di bawah kebutuhan operasional, sekaligus mempertimbangkan variasi permintaan dan *lead time* yang telah diakomodasi oleh *safety stock*. Adapun perhitungan *reorder point* adalah sebagai berikut.

$$ROP = \bar{d}\bar{L} + SS$$

$$ROP = (473,61)(3,63) + 1.104 \quad (4.42)$$

$$ROP = 2.821 \text{ kg}$$

Nilai ROP sebesar 2.821 kg menunjukkan bahwa pemesanan ulang harus dilakukan ketika persediaan mencapai jumlah tersebut. Angka ini sudah mempertimbangkan kebutuhan rata-rata selama *lead time* serta tambahan *safety stock* untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan dan *lead time*, sehingga risiko kehabisan stok dapat diminimalkan.

3. Menghitung nilai *Q* sementara menggunakan rumus pada Persamaan (2.14), sebagai berikut:

$$q = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (4.43)$$

$$q = \sqrt{\left(\frac{2 \times 142.083(3.512.500 + 1.563 \times (0,05))}{219}\right)}$$

$$q = 67.510,564 \approx 67.511 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan pada persamaan (4.43), diperoleh nilai kuantitas pemesanan (Q) sementara sebesar 67.511 kg. Nilai ini merupakan hasil perhitungan sebelum mempertimbangkan probabilitas terjadinya kehabisan persediaan pada perhitungan EOQ probabilistik.

4. Menghitung Q (*Quantity*) Optimal dengan menggunakan persamaan (2.21) yang mempertimbangkan probabilitas *stockout*, sebagai berikut.

$$Q = \sqrt{\left(\frac{2D(S + BKP \times P(KP))}{H}\right)}$$

$$Q = \sqrt{\left(\frac{2 \times 142.083(3.512.500 + 1.563 \times (0,05))}{219}\right)} \quad (4.44)$$

$$Q = 67.511,564 \approx 67.512 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan Q Optimal tersebut didapatkan hasil yaitu ketika melakukan pemesanan jumlah bahan baku kalsium yang harus dipesan yaitu sejumlah 67.511 kg/pemesanan.

4.1.24 Perhitungan EOQ Probabilistik Rumus 3 Bahan Baku Kalsium

Berdasarkan data kebutuhan tahunan bahan baku kalsium, biaya pemesanan, penyimpanan, kekurangan persediaan, rata-rata *lead time*, dan standar deviasi permintaan selama *lead time*, dilakukan perhitungan *Continuous Review System* (Q,r) pada kondisi permintaan dan *lead time* probabilistik atau acak dengan mempertimbangkan *stockout*. Perhitungan iteratif menghasilkan nilai r^* dan Q^* yang konvergen. Adapun tahapan *Continuous Review System*, sebagai berikut.

1. Menentukan Q_1^* , yaitu jumlah pemesanan awal yang dihitung menggunakan rumus *Economic Order Quantity* (EOQ) sesuai persamaan (2.22). Nilai Q_1^* untuk kondisi awal adalah sebagai berikut.

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{2AD}{H}} \quad (4.45)$$

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{2 \times 285.021 \times 3.025.000}{219}}$$

$$Q_1^* = 88.734,873 \approx 88.735 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan Q_1^* , jumlah pemesanan awal yang optimal untuk kondisi awal adalah 88.735 kg per siklus pemesanan.

- Setelah diperoleh nilai Q_1^* langkah berikutnya adalah menghitung tingkat kekurangan persediaan relatif (α) menggunakan persamaan (2.23). Nilai α yang telah dihitung kemudian digunakan untuk mencari Z_α melalui fungsi invers distribusi normal baku. Adapun perhitungan α sebagai berikut.

$$\alpha = \frac{h \times Q_1^*}{C_u \times (D) + h \times (Q_1^*)}$$

$$\alpha = \frac{219 \times 88.735}{1.1188 \times (285.021) + 219 \times (88.735)} \quad (4.46)$$

$$\alpha = 0,05430$$

$$Z_\alpha = 1,60454$$

Berdasarkan nilai α tersebut, diperoleh $Z_\alpha = 1,60454$ dengan menggunakan fungsi invers distribusi normal baku. Selanjutnya untuk menghitung r_1^* digunakan rumus pada persamaan (2.24) sebagai berikut.

$$r_1^* = D_L + Z_\alpha \times S_{dl} \quad (4.47)$$

$$r_1^* = 285.021(3.42/300) + 1,60454 \times 1.387,62$$

$$r_1^* = 4.635 \text{ kg}$$

Perhitungan r_1^* diperoleh sebesar 4.635 kg menunjukkan titik pemesanan kembali (*reorder point*).

- Menentukan Q_2^* menggunakan rumus pada persamaan (2.25) tetapi, terlebih dahulu menghitung nilai integral kekurangan persediaan $\int_{r_1}^{\infty} (x-r) f(x) dx$ menggunakan rumus pada persamaan (2.26), sebagai berikut.

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2D(A + C_u \times \int_{r_1}^{\infty} (x-r)f(x)dx}{h}} \quad (4.48)$$

Dengan

$$\int_{r_1}^{\infty} (x-r)f(x)dx = S_{dl} [f(Z_\alpha) - Z_\alpha \Psi(Z_\alpha)] \quad (4.49)$$

$$Z_\alpha = 1,60454, f(Z_\alpha) = 0,11012, \Psi(Z_\alpha) = 0,02299$$

$$\int_r^{\infty} (x - r)f(x)dx = 1.387,62(0,1101 - 1,6045 \times 0,02299) = 101,60$$

Berikut merupakan perhitungan Q_2^* menggunakan rumus pada persamaan (2.25).

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2 \times 285.021(3.025.000 + 1.188 \times 101,60)}{219}} \quad (4.50)$$

$$Q_2^* = 90.487 \text{ kg}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dapat dilihat bahwa kuantitas pemesanan optimal pada Q_2^* sebesar 90.487 kg dimana mengalami peningkatan dibandingkan dengan nilai Q_1^* pada iterasi awal.

7. Setelah diperoleh nilai Q_2^* , langkah selanjutnya adalah menghitung kembali tingkat kekurangan persediaan relatif (α) dan nilai titik pemesanan ulang r_2^* . Perhitungan α dilakukan menggunakan persamaan (2.23) dengan mengganti nilai Q_1^* menjadi Q_2^* , sedangkan perhitungan r_2^* dilakukan menggunakan persamaan (2.24) dengan nilai Z_α terbaru.

$$\alpha = \frac{h \times Q_2^*}{C_u \times (D) + h \times (Q_2^*)}$$

$$\alpha = \frac{219 \times 90.487}{1.1188 \times (285.021) + 219 \times (90.487)} \quad (4.51)$$

$$\alpha = 0,05531$$

$$Z_\alpha = 1,59541$$

Berdasarkan nilai α tersebut, diperoleh $Z_\alpha = 1,59541$ dengan menggunakan fungsi invers distribusi normal baku. Selanjutnya untuk menghitung r_2^* digunakan rumus pada persamaan (2.24) sebagai berikut.

$$r_2^* = D_L + Z_\alpha \times S_{dl} \quad (4.52)$$

$$r_2^* = 285.021(3.42/300) + 1,59541 \times 1.387,62$$

$$r_2^* = 5.459,89 \text{ kg} \approx 5.460 \text{ kg}$$

Perhitungan r_2^* diperoleh sebesar 5.460 kg, sedangkan r_1^* sebelumnya adalah 4.635 kg. Perbedaan nilai yang cukup signifikan ini menunjukkan bahwa hasil iterasi belum konvergen. Oleh karena itu, proses perhitungan perlu dilanjutkan ke iterasi berikutnya dengan mengganti nilai r_1^* pada iterasi berikutnya menggunakan r_2^* hasil perhitungan saat ini, serta mengganti Q_1^* dengan Q_2^* .

8. Menentukan Q_2^* , di mana nilai Q_1^* sebesar 90.487 kg diperoleh dari perhitungan sebelumnya pada persamaan (4.50) dan digunakan sebagai Q_1^* pada iterasi ini. Nilai r_1^* yang digunakan juga berasal dari perhitungan sebelumnya pada persamaan (4.52). Dengan demikian, pada iterasi ini berlaku $Q_1^* = Q_2^*$ dan $r_1^* = r_2^*$ dari hasil perhitungan sebelumnya.

$$\int_r^\infty (x - r)f(x)dx = S_{dl} [f(Z_\alpha) - Z_\alpha \Psi(Z_\alpha)] \quad (4.53)$$

$$\alpha = 0,5531, Z_\alpha = 1,59541, f(Z_\alpha) = 0,11174, \Psi(Z_\alpha) = 0,02349$$

$$\int_r^\infty (x - r)f(x)dx = 1.387,62(0,1117 - 1,5954 \times 0,02349) = 103,04$$

Berikut merupakan perhitungan Q_2^* menggunakan rumus pada persamaan (2.5).

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2 \times 285.021(3.025.000 + 1.188 \times 103,04)}{219}} \quad (4.54)$$

$$Q_2^* = 90.512 \text{ kg}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, kuantitas pemesanan optimal pada iterasi kedua adalah sebesar 90.512 kg, sedangkan pada iterasi sebelumnya nilai Q_1^* adalah 90.487 kg. Perbedaan yang sangat kecil ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan telah mendekati kondisi konvergen.

11. Setelah diperoleh nilai Q_2^* langkah selanjutnya adalah menghitung kembali tingkat kekurangan persediaan relatif (α) dan nilai titik pemesanan ulang r_2^* untuk iterasi kedua. Perhitungan α dilakukan menggunakan persamaan (2.23) dengan mengganti nilai Q_1^* menjadi Q_2^* , sedangkan perhitungan r_2^* dilakukan menggunakan persamaan (2.24) dengan nilai Z_α terbaru.

$$\alpha = \frac{h \times Q_2^*}{C_u \times (D) + h \times (Q_2^*)} \quad (4.55)$$

$$\alpha = \frac{219 \times 90.512}{1.188 \times (285.021) + 219 \times (90.512)}$$

$$\alpha = 0,05532$$

$$Z_\alpha = 1,59528$$

Berdasarkan nilai α tersebut, diperoleh $Z_\alpha = 1,59528$ dengan menggunakan fungsi invers distribusi normal baku. Selanjutnya untuk menghitung r_2^* digunakan rumus pada persamaan (2.24) sebagai berikut.

$$r_2^* = D_L + Z_\alpha \times S_{dl} \quad (4.56)$$

$$r_2^* = 285.021(3.42/300) + 1,59528 \times 1.387,62$$

$$r_2^* = 5.459,72 \text{ kg} \approx 5.460 \text{ kg}$$

Perhitungan r_2^* diperoleh sebesar 5.459,89 kg, sedangkan r_1^* pada iterasi sebelumnya adalah 5.459,72 kg. Perbedaan yang sangat kecil ini menunjukkan bahwa hasil iterasi telah mencapai kondisi konvergen. Dengan demikian, nilai akhir yang digunakan adalah $r^* = 5.460$ kg dan $Q^* = 90.512$ sebagai parameter kebijakan pemesanan optimal.

12. Berdasarkan hasil perhitungan akhir pada iterasi kedua, diperoleh nilai $Q^* = 90.512$ kg dan $r^* = 5.460$. Selanjutnya, tahap akhir adalah menghitung tingkat pelayanan (*service level*, η) menggunakan rumus pada persamaan (2.28) yang merepresentasikan probabilitas permintaan yang dapat dipenuhi tanpa mengalami kekurangan persediaan selama periode *lead time*.

$$\eta = \left(\frac{1 - 103,4}{285.021(3.42/300)} \right) \times 100\% \quad (4.57)$$

$$\eta = 96,83\%$$

Hasil perhitungan akhir menunjukkan nilai $Q^* = 90.512$ dan $r^* = 5.460$, dan tingkat pelayanan (*service level*, η) sebesar 96,83%, yang berarti sekitar 96 dari 100 periode pemesanan dapat terpenuhi tanpa *stockout*.

4.1.25 Perhitungan EOQ Probabilistik Rumus 3 Bahan Baku Resin

Berdasarkan data kebutuhan tahunan bahan baku resin, biaya pemesanan, penyimpanan, kekurangan persediaan, rata-rata *lead time*, dan standar deviasi permintaan selama *lead time*, dilakukan perhitungan *Continuous Review System* (Q,r) pada kondisi permintaan dan *lead time* probabilistik atau acak dengan mempertimbangkan *stockout*. Perhitungan iteratif menghasilkan nilai r^* dan Q^* yang konvergen. Adapun tahapan *Continuous Review System*, sebagai berikut.

1. Menentukan Q_1^* , yaitu jumlah pemesanan awal yang dihitung menggunakan rumus *Economic Order Quantity* (EOQ) sesuai persamaan (2.22). Nilai Q_1^* untuk kondisi awal adalah sebagai berikut.

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{2AD}{H}} \quad (4.58)$$

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{2 \times 142.083 \times 3.512.500}{219}}$$

$$Q_1^* = 67.510,86 \approx 67.511 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan Q_1^* , jumlah pemesanan awal yang optimal untuk kondisi awal adalah 67.511 kg per siklus pemesanan.

2. Setelah diperoleh nilai Q_1^* langkah berikutnya adalah menghitung tingkat kekurangan persediaan relatif (α) menggunakan persamaan (2.23). Nilai α yang telah dihitung kemudian digunakan untuk mencari Z_α melalui fungsi invers distribusi normal baku. Adapun perhitungan α sebagai berikut.

$$\alpha = \frac{h \times Q_1^*}{C_u \times (D) + h \times (Q_1^*)}$$

$$\alpha = \frac{219 \times 67.511}{1.563 \times (142.083) + 219 \times (67.511)} \quad (4.59)$$

$$\alpha = 0,06244$$

$$Z_\alpha = 1,53462$$

Berdasarkan nilai α tersebut, diperoleh $Z_\alpha = 1,53462$ dengan menggunakan fungsi invers distribusi normal baku. Selanjutnya untuk menghitung r_1^* digunakan rumus pada persamaan (2.24) sebagai berikut.

$$r_1^* = D_L + Z_\alpha \times S_{dl} \quad (4.60)$$

$$r_1^* = 142.083(3,63/300) + 1,53462 \times 668,99$$

$$r_1^* = 2.387 \text{ kg}$$

Perhitungan r_1^* diperoleh sebesar 2.387 kg menunjukkan titik pemesanan kembali (*reorder point*).

3. Menentukan Q_2^* menggunakan rumus pada persamaan (2.25) tetapi, terlebih dahulu menghitung nilai integral kekurangan persediaan $\int_{r_1}^{\infty} (x-r) f(x) dx$ menggunakan rumus pada persamaan (2.26), sebagai berikut.

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2D(A + C_u \times \int_{r_1}^{\infty} (x-r)f(x)dx}{h}} \quad (4.61)$$

Dengan

$$\int_{r_1}^{\infty} (x-r)f(x)dx = S_{dl} [f(Z_\alpha) - Z_\alpha \Psi(Z_\alpha)] \quad (4.62)$$

$$Z_\alpha = 1,53462, f(Z_\alpha) = 0,12289, \Psi(Z_\alpha) = 0,02707$$

$$\int_r^{\infty} (x - r)f(x)dx = 668,99(0,12289 - 1,53462 \times 0,02707) = 54,420$$

Berikut merupakan perhitungan Q_2^* menggunakan rumus pada persamaan (2.25).

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2 \times 142.083(3.512.500 + 1.563 \times 54,420)}{219}} \quad (4.63)$$

$$Q_2^* = 68.322,84 \approx 68.323 \text{ kg}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dapat dilihat bahwa kuantitas pemesanan optimal pada Q_2^* sebesar 68.323 kg dimana mengalami peningkatan dibandingkan dengan nilai Q_1^* pada iterasi awal.

7. Setelah diperoleh nilai Q_2^* , langkah selanjutnya adalah menghitung kembali tingkat kekurangan persediaan relatif (α) dan nilai titik pemesanan ulang r_2^* . Perhitungan α dilakukan menggunakan persamaan (2.23) dengan mengganti nilai Q_1^* menjadi Q_2^* , sedangkan perhitungan r_2^* dilakukan menggunakan persamaan (2.24) dengan nilai Z_α terbaru.

$$\alpha = \frac{h \times Q_2^*}{C_u \times (D) + h \times (Q_2^*)}$$

$$\alpha = \frac{219 \times 68.323}{1.563 \times (142.083) + 219 \times (68.323)} \quad (4.64)$$

$$\alpha = 0,06314$$

$$Z_\alpha = 1,52892$$

Berdasarkan nilai α tersebut, diperoleh $Z_\alpha = 1,52892$ dengan menggunakan fungsi invers distribusi normal baku. Selanjutnya untuk menghitung r_2^* digunakan rumus pada persamaan (2.24) sebagai berikut.

$$r_2^* = D_L + Z_\alpha \times S_{dl} \quad (4.65)$$

$$r_2^* = 142.083(3.63/300) + 1,52892 \times 668,99$$

$$r_2^* = 2.739,67 \text{ kg} \approx 2.740 \text{ kg}$$

Perhitungan r_2^* diperoleh sebesar 2.740 kg, sedangkan r_1^* sebelumnya adalah 2.387 kg. Perbedaan nilai yang cukup signifikan ini menunjukkan bahwa hasil iterasi belum konvergen. Oleh karena itu, proses perhitungan perlu dilanjutkan ke iterasi berikutnya dengan mengganti nilai r_1^* pada iterasi berikutnya menggunakan r_2^* hasil perhitungan saat ini, serta mengganti Q_1^* dengan Q_2^* .

8. Menentukan Q_2^* , di mana nilai Q_1^* sebesar 68.323 kg diperoleh dari perhitungan sebelumnya pada persamaan (4.63) dan digunakan sebagai Q_1^* pada iterasi ini. Nilai r_1^* yang digunakan juga berasal dari perhitungan sebelumnya pada persamaan (4.52). Dengan demikian, pada iterasi ini berlaku $Q_1^* = Q_2^*$ dan $r_1^* = r_2^*$ dari hasil perhitungan sebelumnya.

$$\int_r^\infty (x - r)f(x)dx = S_{dl} [f(Z_\alpha) - Z_\alpha \Psi(Z_\alpha)] \quad (4.66)$$

$$\alpha = 0,06314, Z_\alpha = 1,52892, f(Z_\alpha) = 0,12397, \Psi(Z_\alpha) = 0,02743$$

$$\int_r^\infty (x - r)f(x)dx = 668,99(0,12397 - 1,52892 \times 0,02743) = 54,879$$

Berikut merupakan perhitungan Q_2^* menggunakan rumus pada persamaan (2.5).

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2 \times 142.083(3.512.500 + 1.563 \times 54,879)}{219}} \quad (4.67)$$

$$Q_2^* = 68.329,64 \approx 68.330 \text{ kg}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, kuantitas pemesanan optimal pada iterasi kedua adalah sebesar 68.330 kg, sedangkan pada iterasi sebelumnya nilai Q_1^* adalah 68.323 kg. Perbedaan yang sangat kecil ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan telah mendekati kondisi konvergen.

11. Setelah diperoleh nilai Q_2^* langkah selanjutnya adalah menghitung kembali tingkat kekurangan persediaan relatif (α) dan nilai titik pemesanan ulang r_2^* untuk iterasi kedua. Perhitungan α dilakukan menggunakan persamaan (2.23) dengan mengganti nilai Q_1^* menjadi Q_2^* , sedangkan perhitungan r_2^* dilakukan menggunakan persamaan (2.24) dengan nilai Z_α terbaru.

$$\alpha = \frac{h \times Q_2^*}{C_u \times (D) + h \times (Q_2^*)}$$

$$\alpha = \frac{219 \times 68.330}{1.563 \times (142.083) + 219 \times (68.330)} \quad (4.68)$$

$$\alpha = 0,06315$$

$$Z_\alpha = 1,52877$$

Berdasarkan nilai α tersebut, diperoleh $Z_\alpha = 1,52877$ dengan menggunakan fungsi invers distribusi normal baku. Selanjutnya untuk menghitung r_2^* digunakan rumus pada persamaan (2.24) sebagai berikut.

$$r_2^* = D_L + Z_\alpha \times S_{dl} \quad (4.69)$$

$$r_2^* = 142.083(3.63/300) + 1,52877 \times 668,99$$

$$r_2^* = 2.739,64 \text{ kg} \approx 2.740 \text{ kg}$$

Perhitungan r_2^* diperoleh sebesar 2.740 kg, sedangkan r_1^* pada iterasi sebelumnya adalah 2.740 kg. Tidak terdapat perbedaan pada masing-masing nilai r^* menunjukkan bahwa hasil iterasi telah mencapai kondisi konvergen. Dengan demikian, nilai akhir yang digunakan adalah $r^* = 2.740 \text{ kg}$ dan $Q^* = 68.330 \text{ kg}$ sebagai parameter kebijakan pemesanan optimal.

12. Berdasarkan hasil perhitungan akhir pada iterasi kedua, diperoleh nilai $Q^* = 68.330 \text{ kg}$ dan $r^* = 2.740$. Selanjutnya, tahap akhir adalah menghitung tingkat pelayanan (*service level*, η) menggunakan rumus pada persamaan (2.28) yang merepresentasikan probabilitas permintaan yang dapat dipenuhi tanpa mengalami kekurangan persediaan selama periode *lead time*.

$$\eta = \left(\frac{1 - 54,879}{142.083(3,63/300)} \right) \times 100\% \quad (4.70)$$

$$\eta = 96,80\%$$

Hasil perhitungan akhir menunjukkan nilai $Q^* = 68.330 \text{ kg}$ dan $r^* = 2.740 \text{ kg}$, dan tingkat pelayanan (*service level*, η) sebesar 96,80%, yang berarti sekitar 96 dari 100 periode pemesanan dapat terpenuhi tanpa *stockout*.

4.1.26 Perhitungan *Total Inventory Cost* EOQ Probabilistik Rumus 1

Perhitungan *Total Inventory Cost* (TIC) pada model EOQ probabilistik menggunakan rumus 1 dilakukan dengan menjumlahkan tiga komponen utama biaya persediaan, yaitu biaya pemesanan (*ordering cost*), biaya penyimpanan (*holding cost*), dan biaya kekurangan persediaan (*stockout cost*). Nilai TIC dihitung berdasarkan kuantitas pemesanan optimal (Q^*) dan titik pemesanan ulang (r^*) yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya.

1. Bahan Baku Kalsium

Perhitungan *Total Inventory Cost* (TIC) bahan baku kalsium dilakukan dengan menjumlahkan biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kekurangan persediaan. Adapun hasil perhitungan TIC kalsium ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{TIC} &= \left(\frac{D}{Q} \times S \right) + \left(\left(\frac{Q}{2} \times H \right) + H(\text{ROP} - \text{EDL}) \right) + \left(\frac{D}{Q} \times \text{BKP}(\text{P}(\text{KP})) \right) \\
 \text{TIC} &= \left(\frac{285.021}{88.736} \times 3.025.000 \right) + \left(\left(\frac{88.736}{2} \times 219 \right) + 219(8.366 - 3.246) \right) \\
 &+ \left(\frac{285.021}{88.736} \times 1.188(0,0574) \right)
 \end{aligned} \tag{4.71}$$

$$\text{TIC} = \text{Rp } 9.716.359,137 + 10.837.795,07 + \text{Rp } 219$$

$$\text{TIC} = \text{Rp } 20.554.373,200$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, total biaya persediaan EOQ probabilistik menggunakan rumus 1 untuk bahan baku kalsium adalah sebesar Rp 20.554.373,20.

2. Bahan Baku Resin

Perhitungan *Total Inventory Cost* (TIC) bahan baku resin dilakukan dengan menjumlahkan biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kekurangan persediaan. Adapun hasil perhitungan TIC kalsium ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{TIC} &= \left(\frac{D}{Q} \times S \right) + \left(\left(\frac{Q}{2} \times H \right) + H(\text{ROP} - \text{EDL}) \right) + \left(\frac{D}{Q} \times \text{BKP}(\text{P}(\text{KP})) \right) \\
 \text{TIC} &= \left(\frac{142.083}{67.511} \times 3.512.500 \right) + \left(\left(\frac{142.083}{2} \times 219 \right) + 219(4.868 - 1.717) \right) \\
 &+ \left(\frac{142.083}{67.511} \times 1.563(0,03319) \right)
 \end{aligned} \tag{4.72}$$

$$\text{TIC} = \text{Rp } 7.392.352,206 + 8.082.659,61 + \text{Rp } 109$$

$$\text{TIC} = \text{Rp } 15.475.120,983$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, total biaya persediaan EOQ probabilistik menggunakan rumus 1 untuk bahan baku resin adalah sebesar Rp 15.475.120,983.

4.1.27 Perhitungan *Total Inventory Cost* EOQ Probabilistik Rumus 2

Perhitungan *Total Inventory Cost* (TIC) pada model EOQ probabilistik menggunakan rumus 2 dilakukan dengan menjumlahkan tiga komponen utama biaya persediaan, yaitu biaya pemesanan (*ordering cost*), biaya penyimpanan (*holding cost*), dan biaya kekurangan persediaan (*stockout cost*). Nilai TIC dihitung berdasarkan kuantitas pemesanan optimal (Q^*) dan titik pemesanan ulang (r^*) yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya.

1. Bahan Baku Kalsium

Perhitungan *Total Inventory Cost* (TIC) bahan baku kalsium dilakukan dengan menjumlahkan biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kekurangan persediaan. Adapun hasil perhitungan TIC kalsium ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{TIC} &= \left(\frac{D}{Q} \times S \right) + \left(\left(\frac{Q}{2} \times H \right) + H(\text{ROP} - \text{EDL}) \right) + \left(\frac{D}{Q} \times \text{BKP}(\text{P}(\text{KP})) \right) \\ \text{TIC} &= \left(\frac{285.021}{88.736} \times 3.025.000 \right) + \left(\left(\frac{88.736}{2} \times 219 \right) + 219(5.536 - 3.246) \right) \\ &\quad + \left(\frac{285.021}{88.736} \times 1.188(0,05) \right) \end{aligned} \quad (4.73)$$

$$\text{TIC} = \text{Rp } 9.716.373,278 + 10.217.979,88 + \text{Rp } 191$$

$$\text{TIC} = \text{Rp } 19.934.543,877$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, total biaya persediaan EOQ probabilistik menggunakan rumus 2 untuk bahan baku kalsium adalah sebesar Rp 19.934.543,877.

2. Bahan Baku Resin

Perhitungan *Total Inventory Cost* (TIC) bahan baku resin dilakukan dengan menjumlahkan biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kekurangan persediaan. Adapun hasil perhitungan TIC kalsium ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{TIC} &= \left(\frac{D}{Q} \times S \right) + \left(\left(\frac{Q}{2} \times H \right) + H(\text{ROP} - \text{EDL}) \right) + \left(\frac{D}{Q} \times \text{BKP}(\text{P}(\text{KP})) \right) \\ \text{TIC} &= \left(\frac{142.083}{67.511} \times 3.512.500 \right) + \left(\left(\frac{142.083}{2} \times 219 \right) + 219(2.821 - 1.717) \right) \\ &\quad + \left(\frac{142.083}{67.511} \times 1.563(0,05) \right) \end{aligned} \quad (4.74)$$

$$\text{TIC} = \text{Rp } 7.392.324,581 + 7.634.229,76 + 0$$

$$\text{TIC} = \text{Rp } 15.026.554,343$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, total biaya persediaan EOQ probabilistik menggunakan rumus 2 untuk bahan baku resin adalah sebesar Rp 15.026.554,343.

4.1.28 Perhitungan *Total Inventory Cost* EOQ Probabilistik Rumus 3

Perhitungan *Total Inventory Cost* (TIC) pada model EOQ probabilistik menggunakan rumus 3 dilakukan dengan menjumlahkan tiga komponen utama

biaya persediaan, yaitu biaya pemesanan (*ordering cost*), biaya penyimpanan (*holding cost*), dan biaya kekurangan persediaan (*stockout cost*). Nilai TIC dihitung berdasarkan kuantitas pemesanan optimal (Q^*) dan titik pemesanan ulang (r^*) yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya.

1. Bahan Baku Kalsium

Perhitungan *Total Inventory Cost* (TIC) bahan baku kalsium dilakukan dengan menjumlahkan biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kekurangan persediaan. Adapun hasil perhitungan TIC kalsium ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{TIC} &= \left(\frac{A \times D}{Q^*} \right) + h \left(\frac{Q^*}{2} + r^* - D_L + \int_r^\infty (x - r)f(dx) \right) \\ &+ \left(\frac{C_u \times D}{Q} \times \int_r^\infty (x - r)f(dx) \right) \\ \text{TIC} &= \left(\frac{3.025.000 \times 285.021}{90.512} \right) + 219 \left(\frac{90.512}{2} + 5.460 - 1.387,62(3,42/300) \right. \\ &+ 130,01) + \frac{1.188 \times 285.021}{90.512} \times 103,61 \\ \text{TIC} &= \text{Rp } 9.525.706,78 + 10.418.455,44 + \text{Rp } 385,343 \\ \text{TIC} &= \text{Rp } 20.329.506,13 \end{aligned} \quad (4.75)$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, total biaya persediaan EOQ probabilistik menggunakan rumus 3 untuk bahan baku kalsium adalah sebesar Rp 20.329.506,13, dimana *service level* yang dapat dicapai yaitu 96,83%.

2. Bahan Baku Resin

Perhitungan *Total Inventory Cost* (TIC) bahan baku resin dilakukan dengan menjumlahkan biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kekurangan persediaan. Adapun hasil perhitungan TIC kalsium ditunjukkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{TIC} &= \left(\frac{A \times D}{Q^*} \right) + h \left(\frac{Q^*}{2} + r^* - D_L + \int_r^\infty (x - r)f(dx) \right) \\ &+ \left(\frac{C_u \times D}{Q} \times \int_r^\infty (x - r)f(dx) \right) \\ \text{TIC} &= \left(\frac{3.512.500 \times 142.083}{68.330} \right) + 219 \left(\frac{68.330}{2} + 2.740 - 668,99(3,63/300) \right. \\ &+ 54,879) + \frac{1.563 \times 142.083}{68.330} \times 54,879 \\ \text{TIC} &= \text{Rp } 7.303.792,68 + 7.718.108,47 + \text{Rp } 178.303,35 \end{aligned} \quad (4.76)$$

$$\text{TIC} = \text{Rp } 15.200.204,50$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, total biaya persediaan EOQ probabilistik menggunakan rumus 3 untuk bahan baku resin adalah sebesar Rp 15.200.204,50, dimana *service level* yang dapat dicapai yaitu 96,80%.

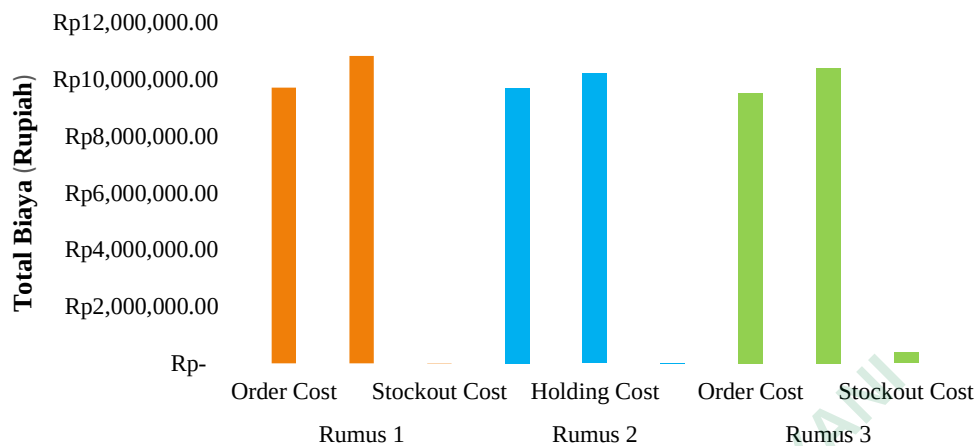
4.1.29 Perbandingan *Total Inventory Cost* EOQ Probabilistik

Setelah perhitungan dengan tiga formulasi model probabilistik, langkah berikutnya adalah membandingkan hasil guna menentukan kebijakan persediaan yang paling efisien. Perbandingan difokuskan pada *Total Inventory Cost* (TIC) serta parameter kunci seperti *Safety Stock* (SS), *Reorder Point* (ROP), *Q Optimal*, dan *Service Level* untuk kalsium maupun resin. Rekapitulasi hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4.41 sebagai dasar pengambilan keputusan kebijakan persediaan.

Tabel 4. 41. Perbandingan TIC EOQ Probabilistik

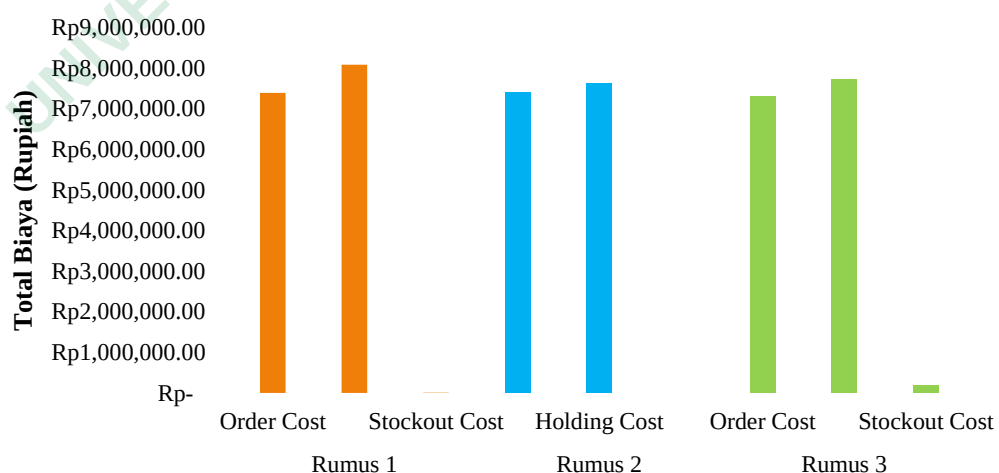
Bahan Baku	Parameter	Rumus 1	Rumus 2	Rumus 3
Kalsium	<i>Safety Stock</i> (kg)	5.120 kg	2.290 kg	5.460 kg
	<i>Reorder Point</i> (kg)	8.366 kg	5.536 kg	
	Q Optimal (kg)	88.736 kg	88.736 kg	90.512 kg
	<i>Service Level</i> (%)	94,26%	95%	96,83%
Total Inventory Cost		Rp 20.554.373	Rp 19.934.543	Rp 20.329.506
Resin	<i>Safety Stock</i> (kg)	3.125 kg	1.104 kg	2.740 kg
	<i>Reorder Point</i> (kg)	4.868 kg	2.821 kg	
	Q Optimal (kg)	67.511 kg	67.511 kg	68.330 kg
	<i>Service Level</i> (%)	96,68%	95%	96,80%
Total Inventory Cost		Rp15.475.120	Rp15.026.554	Rp15.200.204

Berdasarkan Tabel 4.1, perbandingan biaya persediaan untuk bahan baku kalsium dan resin menunjukkan bahwa rumus 2 secara konsisten menghasilkan *Total Inventory Cost* (TIC) terendah. Untuk kalsium, rumus 2 menghasilkan TIC sebesar Rp 19.934.543, yang merupakan biaya paling minimum dibandingkan rumus 1 (Rp 20.554.373) dan rumus 3 (Rp 20.329.506). Hal serupa terjadi pada bahan baku resin, di mana rumus 2 kembali unggul dengan TIC sebesar Rp 15.026.554, jauh lebih rendah dari rumus 1 (Rp 15.475.120) dan rumus 3 (Rp 15.200.204). Hasil ini menunjukkan bahwa metode perhitungan yang digunakan dalam rumus 2 adalah yang paling efisien dalam mengelola persediaan kedua bahan baku tersebut, karena mampu menyeimbangkan biaya penyimpanan, biaya pemesanan, dan biaya kehabisan stok sehingga total biaya yang dikeluarkan menjadi optimal.



Gambar 4. 11. Perbandingan Biaya Kalsium EOQ Probabilistik

Berdasarkan Gambar 4.11, terlihat bahwa setiap formulasi rumus menghasilkan komposisi biaya persediaan yang berbeda. Pada rumus 1, total biaya persediaan terbesar berasal dari *holding cost* sebesar Rp 10.837.795,07, sementara biaya *stockout* relatif kecil yaitu Rp 219,00. Rumus 2 menunjukkan hasil yang lebih efisien, dengan *holding cost* sebesar Rp 10.217.979,88 dan *order cost* Rp 9.716.373,28, serta biaya *stockout* paling rendah yaitu Rp 190,71. Sedangkan pada rumus 3, *order cost* menurun menjadi Rp 9.525.706,78 dan *holding cost* Rp 10.418.455,44, namun *stockout cost* meningkat signifikan menjadi Rp 385.343,91. Setelah membahas perbandingan biaya persediaan untuk bahan baku kalsium, analisis yang sama juga dilakukan pada bahan baku resin sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12. Perbandingan Biaya Resin EOQ Probabilistik

Berdasarkan Gambar 4.12, terlihat bahwa pada rumus 1, biaya terbesar berasal dari *holding cost* sebesar Rp 8.082.659,61, dengan *stockout cost* yang relatif kecil yaitu Rp 109,17. Rumus 2 menghasilkan nilai *holding cost* sedikit lebih rendah, yakni Rp 7.634.229,76 dengan *order cost* yang sama sebesar Rp 7.392.324,58, serta *stockout cost* tetap paling rendah. Sedangkan pada rumus 3, *order cost* turun menjadi Rp 7.303.792,68 dan *holding cost* Rp 7.718.108,47, namun biaya *stockout* meningkat hingga Rp 178.303,35. Perbedaan pola biaya ini menunjukkan bahwa meskipun total biaya antar rumus relatif seimbang, efisiensi terbaik terlihat pada rumus 2 yang menghasilkan keseimbangan antara *order cost*, *holding cost*, dan *stockout cost*, sehingga lebih optimal dalam mengendalikan persediaan resin. Perbandingan ini menegaskan bahwa meskipun nilai *order cost* dan *holding cost* antar rumus relatif seimbang, perbedaan paling mencolok terletak pada besarnya biaya *stockout*, yang menjadi faktor pembeda utama efisiensi tiap formulasi.

4.1.30 Perhitungan *Total Inventory Cost* Kondisi Aktual Kalsium

Perbandingan *Total Inventory Cost* (TIC) juga dilakukan pada metode pengendalian persediaan yang saat ini diterapkan atau sesuai dengan kebijakan perusahaan (Putri et al., 2024). Proses perhitungan ini menggunakan rumus pada persamaan (2.31). Adapun perhitungan *total inventory cost* kondisi aktual pada bahan baku kalsium sebagai berikut.

$$\text{Frekuensi Pemesanan} = \frac{D}{Q}$$

$$\text{Maka, } Q = \frac{D}{\text{Frekuensi Pemesanan}} \quad (4.77)$$

$$Q = \frac{285.018}{60}$$

$$Q = 4.750 \text{ kg}$$

Maka perhitungan *total inventory cost* bahan baku kalsium adalah sebagai berikut.

$$\text{TIC} = \left(\frac{D}{Q} \times S\right) + \left(\frac{Q}{2} \times H\right) + (n(\text{KP}) \times \text{BKP})$$

$$\text{TIC} = \left(\frac{285.018}{4.750} \times 3.025.000\right) + \left(\frac{4.750}{2} \times 219\right) + (5 \times 1.188) \quad (4.78)$$

$$\text{TIC} = 181.511.463,157 + 520.125 + 5.940$$

$$\text{TIC} = 182.037.528$$

Berdasarkan perhitungan pada persamaan (4.78) didapatkan bahwasannya *total inventory cost* untuk bahan baku kalsium kondisi aktual adalah sebesar Rp 182.037.528.

4.1.31 Perhitungan *Total Inventory Cost* Kondisi Aktual Resin

Perbandingan *Total Inventory Cost* (TIC) juga dilakukan pada metode pengendalian persediaan yang saat ini diterapkan atau sesuai dengan kebijakan perusahaan (Putri et al., 2024). Proses perhitungan ini menggunakan rumus pada persamaan (2.31). Adapun perhitungan *total inventory cost* kondisi aktual pada bahan baku resin sebagai berikut.

$$\text{Frekuensi Pemesanan} = \frac{D}{Q}$$

$$\text{Maka, } Q = \frac{D}{\text{Frekuensi Pemesanan}} \quad (4.79)$$

$$Q = \frac{142.081}{32}$$

$$Q = 4.440,09 \approx 4.440$$

Maka perhitungan *total inventory cost* bahan baku kalsium adalah sebagai berikut.

$$\text{TIC} = \left(\frac{D}{Q} \times S\right) + \left(\frac{Q}{2} \times H\right) + (n(\text{KP}) \times \text{BKP})$$

$$\text{TIC} = \left(\frac{142.081}{4.440} \times 3.512.500\right) + \left(\frac{4.440}{2} \times 219\right) + (0 \times 1.563) \quad (4.80)$$

$$\text{TIC} = 112.400.791 + 486.180 + 0$$

$$\text{TIC} = 112.886.971$$

Berdasarkan perhitungan pada persamaan (4.78) didapatkan bahwasannya *total inventory cost* untuk bahan baku kalsium kondisi aktual adalah sebesar Rp 112.886.971.

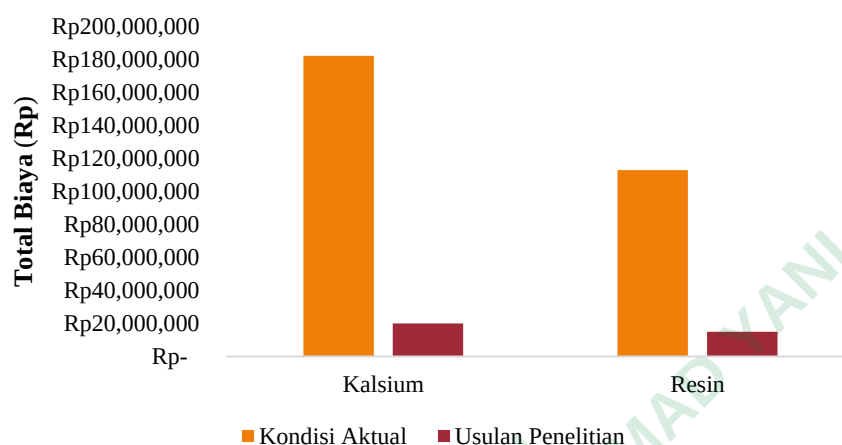
4.1.32 Perbandingan Kondisi Aktual dan Usulan Penelitian

Adapun perbandingan *Total Inventory Cost* (TIC) bahan baku kalsium dan resin antara kondisi aktual dan usulan penelitian ditunjukkan pada Tabel 4.42 serta divisualisasikan pada Gambar 4.13.

Tabel 4. 42. Perbandingan Kondisi Aktual dan Usulan Penelitian

Parameter	Kalsium	Resin
Kondisi Aktual	Rp 182.037.528	Rp 112.886.971
Usulan Penelitian	Rp 19.934.543	Rp 15.026.554

Parameter	Kalsium	Resin
Penghematan (Rp)	Rp 162.102.985	Rp 97.860.417
Penghematan (%)	89.05%	86.69%



Gambar 4. 13. Grafik Perbandingan TIC Aktual dan Usulan Penelitian

Berdasarkan Tabel 4.42 dan divisualisasikan kembali pada Gambar 4.13, terlihat jelas perbedaan antara kondisi *before* (aktual) dan *after* (usulan penelitian). Pada kondisi aktual, *Total Inventory Cost* (TIC) kalsium mencapai Rp 182.037.528 dan resin Rp 112.886.971. Setelah penerapan metode EOQ probabilistik (Rumus 2), biaya persediaan turun drastis menjadi Rp 19.934.543 untuk kalsium dan Rp 15.026.554 untuk resin. Visualisasi ini menegaskan adanya penghematan signifikan, masing-masing sebesar 89,05% dan 86,69%, sehingga metode usulan terbukti lebih efisien dibandingkan praktik aktual perusahaan.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Alur Pengadaan Bahan Baku

Proses pengadaan bahan baku dimulai dari pembuatan dan pengiriman *Purchase Order* (PO) kepada pemasok. Setelah PO diterima dan disetujui, pemasok mengirimkan bahan baku beserta surat jalan. Bahan baku yang datang diperiksa kesesuaiannya dengan spesifikasi. Jika sesuai, dibuat Berita Acara Penerimaan Barang (BAPB) yang menjadi dasar penerbitan *invoice* dan proses pembayaran.

4.2.2 *Bill of Material* Plafon PVC

Perhitungan *Bill of Material* (BOM) untuk plafon PVC per 1 meter disusun berdasarkan komposisi material utama dan aditif. Bahan utama terdiri dari 333 g

kalsium dan 166 g PVC resin. Aditif dihitung menggunakan satuan phr (*parts per hundred resin*), di mana 1 phr = 1% dari berat resin = 1,66 g. Komposisi aditif per 1 meter meliputi, *stabilizer* 3 phr ($\pm 4,98$ g), *processing aid* 2 phr ($\pm 3,32$ g), pelumas 1 phr ($\pm 1,66$ g), dan pewarna 0,5 phr ($\pm 0,83$ g).

4.2.3 Permintaan Plafon PVC Tahun 2024

Data historis permintaan plafon PVC dari Januari hingga Desember 2024. Data menunjukkan fluktuasi signifikan setiap bulannya, dengan permintaan tertinggi pada Desember 84.500 meter dan terendah pada Maret 58.960 meter. Rata-rata permintaan bulanan adalah 71.325,83 meter dengan standar deviasi 8.324,69 meter. Variasi yang signifikan ini menegaskan sifat probabilistik permintaan, yang memerlukan pendekatan manajemen persediaan yang adaptif, seperti simulasi monte carlo dan EOQ probabilistik, untuk mengatasi ketidakpastian.

4.2.4 Lead Time Pemesanan Bahan Baku Kalsium Tahun 2024

Data *lead time* pemesanan kalsium selama tahun 2024, yang dihitung dari selisih tanggal PO dan tanggal penerimaan barang. Rata-rata *lead time* adalah 3,42 hari dengan standar deviasi 1,18 hari. Meskipun rata-rata waktu tunggu relatif singkat, adanya variabilitas (misalnya, *lead time* hingga 7 hari) menunjukkan potensi keterlambatan dari pemasok. Fluktuasi ini mengindikasikan bahwa *lead time* bersifat probabilistik, yang harus dipertimbangkan dalam perhitungan *safety stock*.

4.2.5 Lead Time Pemesanan Bahan Baku Resin Tahun 2024

Serupa dengan kalsium, sub-bab ini menganalisis data *lead time* pemesanan resin selama tahun 2024. *Lead time* bervariasi antara 2 hingga 6 hari, dengan rata-rata 3,63 hari dan standar deviasi 1,07. Meskipun fluktuasi waktu pengiriman resin relatif rendah, ketidakpastian ini tetap perlu diperhatikan, terutama karena resin adalah bahan baku utama yang tidak memiliki substitusi dan *stockout* dapat menghentikan produksi.

4.2.6 Pola Permintaan Plafon PVC

Data permintaan plafon PVC tahun 2024 menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan antar periode, dengan adanya fase permintaan tinggi dan rendah. Variasi

ini menegaskan bahwa pola permintaan bersifat tidak stabil dan cenderung probabilistik, sehingga sulit diprediksi secara deterministik. Kondisi tersebut memperkuat kebutuhan penggunaan metode simulasi untuk menghasilkan peramalan yang lebih akurat.

4.2.7 Pola Lead Time Pemesanan Bahan Baku Kalsium

Lead time pemesanan kalsium selama tahun 2024 bervariasi antara 2 hingga 7 hari. Pola ini menunjukkan adanya ketidakpastian dari sisi pemasok, sehingga *lead time* tidak dapat diasumsikan konstan. Ketidakpastian tersebut perlu diantisipasi dengan penentuan *safety stock* yang memadai agar risiko keterlambatan pengiriman tidak mengganggu kelancaran produksi.

4.2.8 Pola Lead Time Pemesanan Bahan Baku Resin

Lead time pemesanan resin juga memperlihatkan variasi antara 2 hingga 6 hari. Meskipun rentang fluktuasinya relatif lebih sempit dibandingkan kalsium, kondisi ini tetap menunjukkan sifat probabilistik yang berimplikasi pada perencanaan persediaan. Mengingat resin merupakan bahan baku utama tanpa substitusi, keterlambatan sekecil apapun berpotensi menghentikan proses produksi, sehingga pengendalian *lead time* resin memerlukan perhatian lebih intensif.

4.2.9 Simulasi Monte Carlo Permintaan Plafon PVC

Permasalahan utama pada permintaan plafon PVC adalah adanya ketidakpastian fluktuasi bulanan yang sulit diprediksi secara deterministik. Penggunaan simulasi monte carlo tepat karena model ini dirancang untuk menangani variabel acak dengan probabilitas tertentu berdasarkan data historis. Dengan memetakan angka acak ke distribusi peluang, simulasi monte carlo mampu memberikan gambaran realistis mengenai pola permintaan di masa depan. Kelemahannya, hasil simulasi terbatas pada rentang nilai yang sudah ada dalam data historis, sehingga kejadian ekstrem di luar rentang tersebut tidak terwakili.

Simulasi monte carlo dilakukan terhadap data historis permintaan plafon PVC tahun 2024 untuk memperkirakan kebutuhan pada tahun 2025. Dari hasil simulasi, diperoleh iterasi terbaik pada iterasi ke-823, dengan total estimasi permintaan sebesar 855.920 meter. Angka ini menunjukkan proyeksi kebutuhan

tahunan yang realistis dengan mempertimbangkan ketidakpastian permintaan. Iterasi terbaik menghasilkan total permintaan 855.920 meter yang hampir identik dengan aktual 855.910 m, simpangan baku simulasi lebih rendah daripada aktual sehingga fluktuasi ekstrem bulan-an menjadi lebih rata, ini tipikal akibat pemetaan diskret DP/DPK. Selanjutnya, berdasarkan *Bill of Material* (BOM), setiap satu meter plafon PVC membutuhkan 166 gram resin dan 333 gram kalsium. Dengan demikian, hasil simulasi tersebut dikonversikan menjadi kebutuhan bahan baku sebesar 285.021 kg kalsium dan 142.083 kg resin. Hasil ini digunakan sebagai dasar kuantitatif dalam perhitungan parameter EOQ probabilistik.

Simulasi monte carlo yang digunakan pada permintaan bersifat non-parametrik berbasis DP/DPK dari data historis 2024. Konsekuensinya, keluaran simulasi selalu berupa nilai yang sudah/ pernah muncul pada kelas permintaan yang dibentuk, sehingga tidak akan menghasilkan nilai di luar rentang probabilitas yang didefinisikan, misalnya lonjakan ekstrem di atas kelas tertinggi tidak akan muncul. Hal ini tampak dari hasil yang meniru set nilai historis dan sangat dekat dengan total tahunan aktual, dimana 855.920 meter vs 855.910 meter, juga simpangan bakunya cenderung lebih kecil dari aktual sehingga fluktuasi ekstrem menjadi “ter-rata” oleh proses pemetaan angka acak ke kelas DP/DPK. Dampaknya, kemampuan menangkap *outlier* atau *structural break* ke depan menjadi terbatas. Selain itu, karena sampel historis hanya satu tahun (12 bulan), estimasi peluang setiap kelas rentan bias sampel dan asumsi stasioner, dimana pola 2024 berulang di 2025 menjadi krusial. Ketergantungan pada pemilihan lebar kelas/DPK juga dapat memengaruhi hasil, perubahan *discretisasi* akan menggeser peluang dan *output*. Terakhir, simulasi permintaan dan *lead time* dilakukan terpisah sehingga potensi korelasi keduanya belum terakomodasi.

4.2.10 Validasi Model Hasil Simulasi Permintaan Plafon PVC

Validasi model simulasi permintaan plafon PVC dilakukan menggunakan uji t-berpasangan (*paired t-test*). Hasil uji menunjukkan nilai t-hitung sebesar -0,000243622, yang lebih kecil dari nilai t-tabel (2,201) pada derajat kebebasan 11 dengan $\alpha = 0,05$. Ini berarti H_0 diterima, mengindikasikan tidak ada perbedaan signifikan antara rata-rata data aktual dan hasil simulasi. Validasi ini menegaskan

bahwa model simulasi permintaan akurat dan dapat diandalkan. Perlu dicatat, validasi yang kuat pada rata-rata tidak serta-merta menjamin akurasi pada *tail risk* karena simulasi ini dibatasi oleh rentang DP/DPK, oleh sebab itu, evaluasi skenario ekstrem (*what-if*) tetap disarankan.

4.2.11 Simulasi *Lead Time* Pemesanan Bahan Baku Kalsium

Lead time kalsium bersifat acak karena dipengaruhi oleh kondisi logistik dan kinerja pemasok. Oleh sebab itu, simulasi monte carlo digunakan untuk merepresentasikan ketidakpastian tersebut. Metode ini sesuai karena mampu mengestimasi variasi *lead time* berdasarkan peluang dari data aktual, sehingga lebih representatif dibandingkan pendekatan deterministik. Namun demikian, keterbatasannya adalah simulasi tidak dapat menghasilkan nilai di luar rentang historis, yaitu 2 – 7 hari, sehingga kejadian ekstrem belum dapat dimodelkan.

Hasil simulasi terbaik diperoleh pada iterasi ke-6.221 dengan rata-rata *lead time* 3,42 hari dan standar deviasi 1,18 hari, nilai yang sangat mendekati data aktual. Variasi *lead time* menunjukkan bahwa sebagian besar pemesanan dapat dipenuhi dalam 3 – 4 hari, meskipun terdapat kemungkinan keterlambatan hingga 7 hari. Temuan ini menegaskan bahwa perusahaan perlu menetapkan *safety stock* yang memadai untuk mengantisipasi ketidakpastian pasokan bahan baku kalsium.

Simulasi monte carlo *lead time* kalsium memetakan angka acak ke DP/DPK diskret dengan dukungan (*support*) 2 – 7 hari. Artinya, model tidak akan pernah mengeluarkan *lead time* di luar 2 – 7 hari, padahal di dunia nyata masih mungkin terjadi percepatan/ keterlambatan ekstrem, contohnya < 2 atau > 7 hari akibat gangguan *supply* atau logistik. Dengan sampel 2024 saja, peristiwa langka yang berada pada ekor distribusi (*tail event*) sulit tertangkap sehingga risiko kekurangan persediaan saat kejadian ekstrem bisa ter-*underestimate*. Hasil *fitting* distribusi pun menunjukkan bentuk erlang/beta, namun keputusan lanjut memakai pendekatan normal dalam perhitungan parametrik, seperti Q Optimal, SS dan ROP sehingga ada risiko *model mismatch* jika pola empiris berubah. Sensitivitas terhadap pemilihan kelas peluang dan *random seed* juga perlu dicatat karena dapat menggeser frekuensi relatif keluaran.

4.2.12 Validasi Model Simulasi *Lead Time* Pemesanan Kalsium

Validasi model simulasi *lead time* kalsium menggunakan uji t-berpasangan menunjukkan nilai t-hitung sebesar 0, yang lebih kecil dari nilai t-tabel (2,00099) pada derajat kebebasan 59 dengan $\alpha = 0,05$. Ini berarti H_0 diterima, mengkonfirmasi tidak ada perbedaan signifikan antara rata-rata *lead time* aktual dan hasil simulasi. Dengan demikian, model simulasi *lead time* kalsium dianggap valid secara statistik. Perlu dicatat, validasi yang kuat pada rata-rata tidak serta-merta menjamin akurasi pada *tail risk* karena simulasi ini dibatasi oleh rentang DP/DPK, oleh sebab itu, evaluasi skenario ekstrem (*what-if*) tetap disarankan.

4.2.13 Simulasi *Lead Time* Pemesanan Resin

Seperti kalsium, *lead time* resin juga bersifat variabel akibat faktor eksternal seperti transportasi, pemasok, dan kondisi pasar. Simulasi monte carlo digunakan karena dapat memproyeksikan variasi *lead time* secara probabilistik, sehingga memberikan gambaran yang lebih realistis dibandingkan metode deterministik. Namun, keterbatasannya adalah simulasi hanya mampu mereplikasi pola historis dalam rentang 2 – 6 hari, sehingga kejadian ekstrem di luar rentang tersebut belum dapat dimodelkan.

Hasil terbaik diperoleh pada iterasi ke-6.442 dengan rata-rata *lead time* 3,63 hari dan standar deviasi 1,07 hari, nilai yang sangat mendekati data aktual. Variabilitas waktu pengiriman resin berkisar antara 2 hingga 6 hari, dengan mayoritas pesanan tiba dalam 3 – 4 hari. Mengingat resin merupakan bahan baku utama yang tidak memiliki substitusi, ketidakpastian sekecil apa pun tetap harus diantisipasi dengan penetapan safety stock yang memadai agar kelancaran proses produksi tidak terganggu.

Pemetaan angka acak pada DP/DPK resin dengan rentang 2 – 6 hari membuat hasil simulasi tidak dapat menghasilkan nilai di luar rentang tersebut, sehingga peristiwa ekstrem, misal penundaan > 6 hari tidak diwakili meski secara operasional mungkin. Dengan 32 observasi 2024, peluang kelas jarang, misal 6 hari sensitif terhadap satu-dua kejadian, yang bisa membuat stok pengaman terukur terlalu optimistis/ pesimistis. Perbedaan bentuk empiris cenderung mengikuti

distribusi beta dibanding asumsi normal pada tahap EOQ probabilistik juga merupakan potensi sumber deviasi bila pola pengiriman berubah.

Secara keseluruhan, simulasi monte carlo berhasil mereplikasi pola pusat data dan menyediakan parameter probabilistik yang dibutuhkan EOQ, namun sifatnya yang berbasis DP/DPK diskret membuat model tidak mengekstrapolasi di luar rentang historis. Oleh karena itu, evaluasi berkala, terutama saat terjadi perubahan pola permintaan atau pasokan serta uji skenario ekstrem, misalnya keterlambatan > 7 hari untuk kalsium atau > 6 hari untuk resin, maupun lonjakan permintaan di atas kelas maksimum, direkomendasikan agar kebijakan SS/ROP tetap *robust*.

4.2.14 Validasi Model Simulasi *Lead Time* Pemesanan Resin

Validasi model simulasi *lead time* resin menggunakan uji t-berpasangan menghasilkan nilai t-hitung sebesar 0, yang lebih kecil dari nilai t-tabel (2,039513446) pada derajat kebebasan 31 dengan $\alpha = 0,05$. Ini berarti H_0 diterima, menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara rata-rata *lead time* aktual dan hasil simulasi. Model simulasi *lead time* resin juga dianggap valid secara statistik. Perlu dicatat, validasi yang kuat pada rata-rata tidak serta-merta menjamin akurasi pada *tail risk* karena simulasi ini dibatasi oleh rentang DP/DPK, oleh sebab itu, evaluasi skenario ekstrem (*what-if*) tetap disarankan.

4.2.15 Tingkat Akurasi Prediksi Permintaan Berdasarkan MAPE

Tingkat akurasi prediksi permintaan plafon PVC diukur menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada periode Januari hingga Juli 2025. Hasil perhitungan menunjukkan nilai MAPE sebesar 19,24%, yang termasuk dalam kategori “akurat”. Namun, kesalahan terbesar terjadi pada periode Juni – Juli 2025, ketika permintaan aktual mengalami lonjakan sementara hasil simulasi justru menunjukkan penurunan. Hal ini mengindikasikan adanya pola musiman atau kejadian khusus pada tahun 2025 yang belum tercermin dalam distribusi data historis tahun 2024. Meskipun demikian, tingkat akurasi ini masih dapat dievaluasi ulang setelah data aktual tahun 2025 tersedia secara lengkap.

4.2.16 Uji Distribusi Data Hasil Simulasi

Uji distribusi data hasil simulasi menunjukkan bahwa permintaan plafon PVC cenderung mengikuti distribusi *uniform*, sedangkan *lead time* kalsium mendekati distribusi erlang dan *lead time* resin mendekati distribusi Beta. Meskipun hasil *fitting* mengindikasikan pola distribusi yang berbeda, perhitungan EOQ probabilistik, *safety stock*, dan *reorder point* tetap menggunakan asumsi distribusi normal karena data permintaan telah memenuhi syarat normalitas berdasarkan uji *shapiro-wilk* (Sig. = 0,071 > 0,05). Pemilihan uji *shapiro-wilk* tepat dilakukan mengingat jumlah data relatif kecil (< 50 observasi), sehingga lebih sesuai dibandingkan uji *kolmogorov-smirnov*. Dengan demikian, penggunaan asumsi normal dapat dipertanggungjawabkan secara metodologis, meskipun tetap perlu dicatat bahwa apabila bentuk distribusi empiris mengalami perubahan signifikan, maka parameter SS dan ROP sebaiknya dievaluasi ulang.

4.2.17 Konversi Hasil Simulasi Permintaan Produk Ke *Bill of Material*

Berdasarkan hasil simulasi monte carlo terbaik, yaitu pada iterasi ke-823, total estimasi permintaan plafon PVC adalah 855.920 meter. Mengacu pada *Bill of Material* (BOM), setiap satu meter plafon membutuhkan 166 gram resin dan 333 gram kalsium. Dengan demikian, total kebutuhan bahan baku yang diperlukan adalah sebesar 285.021 kg kalsium dan 142.083 kg resin. Angka-angka ini menjadi dasar kuantitatif untuk perhitungan parameter EOQ probabilistik selanjutnya.

4.2.18 Komponen Biaya Kalsium

Komponen biaya persediaan kalsium yang diperhitungkan dalam penelitian ini terdiri atas tiga jenis, yaitu biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kekurangan persediaan, dengan rincian sebagai berikut.

1. Biaya Pemesanan (*Ordering Cost*) sebesar Rp 3.025.000 per pemesanan, mencakup administrasi, telekomunikasi, transportasi, dan ongkos pemesanan.
2. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost*) sebesar Rp 219 per kg per tahun, dihitung berdasarkan proporsi penggunaan gudang dan biaya terkait seperti administrasi, listrik, pemeliharaan, dan tenaga kerja gudang.

3. Biaya Kekurangan Persediaan (*Stockout Cost*) timbul ketika stok kalsium tidak mencukupi, sehingga perusahaan harus menggunakan bahan substitusi dengan harga pembelian darurat Rp 1.188/kg (harga normal Rp 950/kg). Kondisi ini menunjukkan bahwa *stockout* diperlakukan sebagai *backorder* karena permintaan tetap dipenuhi meskipun menimbulkan biaya tambahan.

4.2.19 Komponen Biaya Resin

Komponen biaya persediaan resin yang diperhitungkan dalam penelitian ini terdiri dari tiga jenis, yaitu sebagai berikut.

1. Biaya Pemesanan (*Ordering Cost*) sebesar Rp 3.512.500 per pemesanan, meliputi administrasi, telekomunikasi, transportasi, dan ongkos pemesanan.
2. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost*) sebesar Rp 219 per kg per tahun, dihitung dengan metode yang sama seperti pada kalsium.
3. Biaya Kekurangan Persediaan (*Stockout Cost*) timbul ketika stok resin tidak tersedia, sehingga perusahaan harus melakukan pembelian darurat dari pemasok lain dengan harga 25% lebih tinggi, yaitu Rp 1.563/kg (harga normal Rp 1.250/kg). Kondisi ini juga dikategorikan sebagai *backorder* karena permintaan tetap dipenuhi meskipun menimbulkan biaya tambahan.

4.2.20 Perhitungan EOQ Probabilistik Rumus 1 Bahan Baku Kalsium

Jenis permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah menentukan kebijakan pemesanan bahan baku yang efisien di tengah ketidakpastian permintaan dan *lead time*. EOQ deterministik tidak memadai karena tidak mempertimbangkan variabilitas tersebut. Oleh karena itu, penggunaan model EOQ probabilistik sangat tepat, karena dapat menghasilkan nilai optimal kuantitas pemesanan, *safety stock*, dan *reorder point* yang menjaga keseimbangan antara biaya persediaan dengan tingkat pelayanan.

Perhitungan *Economic Order Quantity* (EOQ) probabilistik untuk kalsium menggunakan rumus 1 menghasilkan jumlah pemesanan sementara sebesar 88.735 kg. Berdasarkan perhitungan peluang kehabisan persediaan ($P(KP)$) sebesar 0,0574, dapat disimpulkan bahwa peluang tidak terjadi *stockout* adalah 0,9426. Nilai ini setara dengan tingkat layanan 94,26%, yang diperoleh melalui interpolasi linear

dengan nilai *Z-score* sebesar 1,58. Selanjutnya, kebutuhan kalsium selama *lead time* atau *Expected Demand during Lead Time* (EDL) dihitung sebesar 3.246 kg, didasarkan pada rata-rata kebutuhan harian 950 kg dengan rata-rata *lead time* 3,417 hari. Dari hasil ini, *Safety Stock* (SS) yang diperlukan adalah 5.120 kg, sehingga titik pemesanan kembali (*Reorder Point/ROP*) ditetapkan sebesar 8.366 kg. Dengan demikian, jumlah pemesanan optimal (*Q optimal*) kalsium adalah 88.736 kg per kali pemesanan, dengan pengendalian persediaan yang mampu menjaga tingkat layanan 94,26% sekaligus meminimalkan risiko *stockout*.

4.2.21 Perhitungan EOQ Probabilistik Rumus 1 Bahan Baku Resin

Rumus 1 digunakan karena sesuai dengan kondisi ketika tingkat layanan (*service level*) tidak ditetapkan di awal, melainkan diperoleh sebagai hasil perhitungan berdasarkan peluang kehabisan persediaan. Model ini tepat diterapkan saat perusahaan ingin mengetahui tingkat layanan aktual yang dapat dicapai dengan parameter biaya dan variabilitas yang ada. Perhitungan EOQ probabilistik rumus 1 untuk resin menghasilkan jumlah pemesanan sementara sebesar 67.511 kg. Berdasarkan peluang kehabisan persediaan (*P(KP)*) sebesar 0,0332, maka peluang tidak terjadi *stockout* adalah 0,9668. Nilai ini setara dengan tingkat layanan 96,68% yang diperoleh melalui interpolasi linear dengan *Z-score* sebesar 1,84. Selanjutnya, kebutuhan resin selama *lead time* atau *Expected Demand during Lead Time* (EDL) dihitung sebesar 1.717 kg, berdasarkan rata-rata kebutuhan harian 474 kg dengan rata-rata *lead time* 3,625 hari. Dari perhitungan tersebut diperoleh *Safety Stock* (SS) sebesar 3.152 kg, sehingga titik pemesanan kembali (*Reorder Point/ROP*) ditetapkan sebesar 4.868 kg. Dengan demikian, jumlah pemesanan optimal (*Q optimal*) untuk resin adalah 67.511 kg per kali pemesanan dengan tingkat layanan 96,68%.

4.2.22 Perhitungan EOQ Probabilistik Rumus 2 Bahan Baku Kalsium

Rumus 2 dipilih karena sesuai dengan permasalahan yang dihadapi perusahaan, yaitu kebutuhan untuk menetapkan tingkat layanan (*service level*) tertentu agar probabilitas *stockout* dapat dikendalikan. Pendekatan ini memungkinkan perusahaan menyeimbangkan efisiensi biaya dengan keandalan

pasokan, sehingga hasil yang diperoleh tidak hanya ekonomis tetapi juga konsisten dengan target operasional menjaga tingkat pelayanan minimum 95%. Perhitungan EOQ probabilistik rumus 2 untuk kalsium menghasilkan *Safety Stock* (SS) sebesar 2.290 kg dengan target tingkat layanan 95% ($Z = 1,65$), yang mempertimbangkan variabilitas permintaan dan *lead time*. Berdasarkan perhitungan ini, titik pemesanan kembali (ROP) ditetapkan sebesar 5.536 kg. Jumlah pemesanan sementara dihitung sebesar 88.735 kg, dengan jumlah pemesanan optimal (Q optimal) sebesar 88.736 kg per kali pemesanan, di mana peluang kehabisan persediaan ditetapkan sebesar 0,05.

4.2.23 Perhitungan EOQ Probabilistik Rumus 2 Bahan Baku Resin

Perhitungan EOQ probabilistik rumus 2 untuk resin menunjukkan bahwa *Safety Stock* (SS) yang dibutuhkan adalah 1.104 kg, dengan target tingkat layanan 95% ($Z = 1,65$) serta mempertimbangkan variasi permintaan dan *lead time*. Berdasarkan hasil ini, titik pemesanan kembali (ROP) ditetapkan sebesar 2.821 kg. Jumlah pemesanan sementara dihitung sebesar 67.511 kg, sementara jumlah pemesanan optimal (Q optimal) ditetapkan sebesar 67.512 kg per kali pemesanan, dengan peluang kehabisan persediaan ditetapkan sebesar 0,05.

4.2.24 Perhitungan EOQ Probabilistik Rumus 3 Bahan Baku Kalsium

Pemilihan pendekatan *Continuous Review System* (Q,r) didasarkan pada kondisi nyata di PT Indonesia Plafon Semesta, di mana stok kalsium dan resin dipantau secara terus-menerus. Dengan sistem ini, metode CRS menjadi relevan untuk menggambarkan praktik pengendalian persediaan perusahaan. Perhitungan EOQ probabilistik Rumus 3 dengan pendekatan CRS untuk kalsium dilakukan secara iteratif. Pada perhitungan awal diperoleh jumlah pemesanan sementara (Q_1 awal) sebesar 88.735 kg. Iterasi pertama menghasilkan $\alpha = 0,05430$ dengan nilai $Z\alpha = 1,60454$, sehingga titik pemesanan kembali (r_1) adalah 4.635 kg dan nilai integral $\int_{r_1}^{\infty} (x-r) f(x) dx$ sebesar 101,60, yang memberikan jumlah pemesanan sementara (Q_2) sebesar 90.487 kg. Pada iterasi kedua, perhitungan menghasilkan $\alpha = 0,05532$ dengan $Z\alpha = 1,59528$, sehingga titik pemesanan kembali (r_2) adalah 5.460 kg dan nilai integral $\int_{r_2}^{\infty} (x-r) f(x) dx$ sebesar 103,04, dengan jumlah

pemesanan sementara (Q_2) sebesar 90.512 kg. Hasil akhir menunjukkan nilai konvergen dengan jumlah pemesanan optimal ($Q = 90.512$ kg), titik pemesanan kembali ($r = 5.460$ kg), serta tingkat layanan (*service level*, η) sebesar 96,83%.

4.2.25 Perhitungan EOQ Probabilistik Rumus 3 Resin

Perhitungan EOQ probabilistik rumus 3 untuk resin dengan pendekatan *Continuous Review System* (Q, r) juga dilakukan secara iteratif. Jumlah pemesanan awal (Q_1) ditetapkan sebesar 67.511 kg. Pada iterasi pertama, diperoleh $\alpha = 0,06244$ dengan nilai $Z\alpha = 1,53462$, sehingga titik pemesanan kembali (r_1) adalah 2.387 kg dan nilai integral $\int_{r_1}^{\infty} (x-r) f(x) dx$ sebesar 54,420, yang menghasilkan jumlah pemesanan sementara (Q_2) sebesar 68.323 kg. Iterasi kedua menghasilkan $\alpha = 0,06315$ dengan $Z\alpha = 1,52877$, sehingga titik pemesanan kembali (r_2) adalah 2.740 kg dengan nilai integral $\int_{r_2}^{\infty} (x-r) f(x) dx$ sebesar 54,879, serta jumlah pemesanan sementara (Q_2) sebesar 68.330 kg. Hasil akhir menunjukkan nilai konvergen dengan jumlah pemesanan optimal ($Q = 68.330$ kg), titik pemesanan kembali ($r = 2.740$ kg), dan tingkat layanan (*service level*, η) sebesar 96,80%.

4.2.26 Perhitungan Total Inventory Cost EOQ Probabilistik Rumus 1

Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus 1, total biaya persediaan (TIC) untuk bahan baku kalsium mencapai Rp 20.554.373,20, sedangkan untuk bahan baku resin sebesar Rp 15.475.120,98. Hasil ini menunjukkan bahwa biaya persediaan kalsium lebih tinggi dibandingkan resin. Penyebab utama perbedaan ini adalah tingginya volume kebutuhan kalsium yaitu sebesar 285.021 kg/tahun dibandingkan resin 142.083 kg/tahun, sehingga frekuensi pemesanan kalsium lebih besar. Selain itu, nilai *safety stock* dan *reorder point* kalsium juga lebih tinggi, sehingga menambah komponen biaya penyimpanan. Dengan *service level* sebesar 94,26%, model ini cukup mampu menekan risiko kehabisan persediaan. Namun, biaya persediaan relatif lebih tinggi dibanding model lain.

4.2.27 Perhitungan Total Inventory Cost EOQ Probabilistik Rumus 2

Pada perhitungan rumus 2, total biaya persediaan (TIC) untuk bahan baku kalsium adalah Rp 19.934.543,88, sementara resin sebesar Rp 15.026.554,34. Nilai TIC ini lebih rendah dibandingkan dengan rumus 1, baik untuk kalsium maupun

resin. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan perhitungan *safety stock* yang digunakan pada rumus 2, di mana nilai ROP (*Reorder Point*) relatif lebih rendah, sehingga menekan biaya penyimpanan (*holding cost*). Akan tetapi, *service level* yang dihasilkan sedikit lebih rendah dibandingkan rumus 1, yakni sekitar 95%. Dengan demikian, rumus 2 memberikan alternatif yang lebih efisien dari sisi biaya, tetapi tetap menjaga tingkat ketersediaan bahan baku pada kondisi aman.

4.2.28 Perhitungan *Total Inventory Cost* EOQ Probabilistik Rumus 3

Hasil perhitungan dengan rumus 3 menunjukkan total biaya persediaan (TIC) untuk bahan baku kalsium sebesar Rp 20.329.506,13 dan untuk resin sebesar Rp 15.200.204,50. Nilai ini berada di antara hasil perhitungan rumus 1 dan rumus 2. Perbedaan utama pada rumus 3 adalah adanya komponen integral yang memperhitungkan distribusi probabilitas permintaan lebih detail, sehingga hasilnya lebih realistis. *Service level* yang dicapai dengan pendekatan ini mencapai 96,8% baik untuk kalsium maupun resin, lebih tinggi dibandingkan rumus 1 dan 2. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun biaya total sedikit lebih tinggi dibandingkan rumus 2, rumus 3 memberikan jaminan ketersediaan stok yang lebih baik, sehingga risiko *stockout* semakin kecil.

4.2.29 Perbandingan *Total Inventory Cost* EOQ Probabilistik

Perbandingan komponen biaya pada ketiga formulasi EOQ probabilistik menunjukkan adanya perbedaan karakteristik yang signifikan. Pada Rumus 1, nilai *order cost* relatif sama dengan Rumus 2, namun *holding cost* sedikit lebih tinggi, sedangkan *stockout cost* relatif kecil. Rumus 2 menghasilkan kombinasi biaya dengan *order cost* hampir sama seperti Rumus 1, tetapi *holding cost* lebih rendah dan *stockout cost* paling minim di antara ketiganya, sehingga total biayanya menjadi yang paling rendah. Sementara itu, Rumus 3 cenderung menghasilkan *order cost* yang paling efisien, tetapi *holding cost* sedikit lebih besar dibandingkan Rumus 2. Meski demikian, *stockout cost* pada Rumus 3 relatif lebih tinggi, yang mencerminkan adanya prioritas pada peningkatan *service level* untuk menjaga ketersediaan stok.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai Q^* , *safety stock* (SS), dan *reorder point* (ROP), menggunakan Rumus 1 dinilai sesuai karena permintaan bersifat acak dan telah teruji berdistribusi normal melalui uji *Shapiro-Wilk*. *Lead time* dihitung berdasarkan data aktual sehingga tidak diasumsikan konstan, dan nilai tersebut digunakan dalam perhitungan kebutuhan selama periode pemesanan. *Safety stock* ditentukan berdasarkan tingkat peluang tidak terjadinya kehabisan persediaan. Apabila nilai peluang tersebut tidak tersedia dalam tabel distribusi normal standar, maka dilakukan interpolasi linear. Dengan demikian, risiko *stockout* dapat diminimalkan dan karakteristik model 1 dapat terpenuhi.

Hasil perhitungan Q^* , σ_{LT} , SS, dan ROP, menggunakan Rumus 2 menunjukkan bahwa model ini sesuai dengan karakteristiknya. Permintaan dan LT sama-sama dihitung dari data historis dan bersifat acak, sementara distribusi data terkonfirmasi normal melalui uji *Shapiro-Wilk*. Perbedaan utama dengan rumus 1 terletak pada cara penentuan SS, yaitu dengan pendekatan varians permintaan selama *lead time*. Hal ini menjadikan model 2 lebih realistis ketika variasi *demand* dan LT berpengaruh terhadap kebutuhan persediaan. Oleh karena itu, karakteristik model 2 terpenuhi.

Rumus 3 diterapkan pada kerangka *Continuous Review System* (Q,r) sehingga perhitungan dilakukan secara iteratif sampai konvergensi Q^* dan r^* . Prosesnya dimulai dengan nilai Q sementara kemudian dihitung probabilitas relatif kekurangan α berdasarkan struktur biaya dan frekuensi kejadian; α dikonversi menjadi nilai Z_α (menggunakan invers distribusi normal bila asumsi normal dipenuhi). Titik pemesanan kembali r dihitung dari Z_α dan nilai *expected demand selama lead time* (EDL), selanjutnya *expected shortage per cycle* dihitung melalui integral $\int_r^\infty (x-r) f(x) dx$ (representasi matematis dari jumlah unit yang diharapkan terlewat di atas r). *Expected shortage* ini dimasukkan ke komponen biaya *shortage* pada fungsi biaya total, sehingga Q diperbarui dengan mempertimbangkan biaya pesan, biaya simpan, dan biaya *shortage*. Iterasi dilanjutkan hingga perubahan Q dan r sangat kecil (konvergen). Pada kasus kalsium dan resin, penerapan pendekatan *Continuous Review System* (CRS) menghasilkan nilai kuantitas pemesanan optimal (Q^*), titik pemesanan kembali (r^*), serta tingkat layanan yang

stabil atau konvergen. Hal ini menunjukkan bahwa melalui CRS, proses perhitungan dapat memberikan keseimbangan antara biaya persediaan dan risiko kehabisan stok, sehingga keputusan pemesanan menjadi lebih efektif. Dengan demikian Rumus 3 konsisten dengan karakteristik *Continuous Review System* dan memberikan estimasi kebijakan pemesanan yang mempertimbangkan secara eksplisit distribusi permintaan di atas r serta biaya *shortage* nyata.

Secara keseluruhan, ketiga rumus EOQ probabilistik memberikan hasil TIC yang berbeda-beda. Rumus 2 menghasilkan biaya total paling rendah, sedangkan Rumus 3 memberikan *service level* paling tinggi. Rumus 1 berada di tengah-tengah, dengan biaya sedikit lebih tinggi dibandingkan Rumus 2, tetapi masih lebih rendah dari Rumus 3. Pemilihan model yang paling sesuai bergantung pada prioritas perusahaan, jika fokus pada efisiensi biaya, maka Rumus 2 lebih tepat, sedangkan jika tujuan utamanya meningkatkan *service level* dan menekan risiko kehabisan bahan baku, maka Rumus 3 menjadi pilihan terbaik.

Setelah dilakukan perbandingan *Total Inventory Cost* (TIC) dari ketiga formulasi, penelitian ini merekomendasikan Rumus 2 sebagai pendekatan yang paling efisien karena menghasilkan biaya persediaan terendah pada kedua bahan baku utama. Untuk bahan baku kalsium, diperoleh kuantitas pemesanan optimal (Q) sebesar 88.736 kg per order, *safety stock* (SS) sebesar 2.285 kg, titik pemesanan kembali (ROP) sebesar 5.536 kg, tingkat pelayanan (*service level*) 95% dengan nilai dan TIC sebesar Rp 19.934.543,88. Sementara itu, untuk bahan baku resin, diperoleh Q sebesar 67.511 kg per order, SS sebesar 1.104 kg, ROP sebesar 2.821 kg, *service level* 95% dengan dan TIC sebesar Rp 15.026.554,34. Hasil ini menunjukkan bahwa Rumus 2 mampu menekan biaya persediaan paling signifikan tanpa mengurangi keandalan pelayanan secara berarti, karena tingkat pelayanan tetap berada pada level tinggi. Oleh karena itu, Rumus 2 dipandang sebagai kebijakan pemesanan yang paling tepat diterapkan oleh PT Indonesia Plafon Semesta untuk mencapai efisiensi biaya sekaligus menjaga kelancaran pasokan bahan baku dalam proses produksi.

4.2.30 Perhitungan *Total Inventory Cost* Kondisi Aktual Kalsium

Perhitungan *Total Inventory Cost* (TIC) pada kondisi aktual menunjukkan bahwa biaya persediaan bahan baku kalsium masih sangat tinggi. Dengan jumlah permintaan tahunan sebesar 285.018 kg dan frekuensi pemesanan aktual sebanyak 60 kali per tahun, kuantitas pemesanan rata-rata hanya sebesar 4.750 kg per *order*. Hal ini menyebabkan komponen biaya pemesanan menjadi dominan karena perusahaan melakukan pembelian dalam frekuensi yang relatif sering. Hasil perhitungan dengan memasukkan biaya pemesanan sebesar Rp 3.025.000 per *order*, biaya simpan Rp 219 per kg per tahun, serta biaya kekurangan persediaan, diperoleh total biaya persediaan kalsium mencapai Rp 182.037.528. Angka ini menggambarkan bahwa strategi pemesanan aktual yang digunakan perusahaan belum efisien, terutama akibat kuantitas pesan yang kecil sehingga total biaya pesan menjadi sangat besar.

4.2.31 Perhitungan *Total Inventory Cost* Kondisi Aktual Resin

Pada bahan baku resin, kondisi serupa juga terjadi. Dengan permintaan tahunan sebesar 142.081 kg dan frekuensi pemesanan aktual sebanyak 32 kali per tahun, kuantitas pemesanan rata-rata hanya sekitar 4.440 kg per *order*. Jumlah ini relatif kecil dibandingkan kebutuhan tahunan sehingga perusahaan harus menanggung biaya pemesanan berulang kali. Hasil perhitungan TIC aktual resin menunjukkan total biaya sebesar Rp 112.886.971. Sama halnya dengan kalsium, komponen biaya pemesanan menjadi penyumbang terbesar, sedangkan biaya simpan relatif lebih kecil karena kuantitas per pesan tidak besar.

4.2.32 Perbandingan Kondisi Aktual dan Usulan Penelitian

Apabila dibandingkan dengan hasil usulan penelitian menggunakan pendekatan EOQ probabilistik Rumus 2, terlihat adanya perbedaan yang sangat signifikan. Pada kalsium, TIC aktual sebesar Rp 182.037.528 dapat ditekan menjadi hanya Rp 19.934.543 dengan menggunakan kuantitas pemesanan optimal sebesar 88.736 kg. Dengan demikian terjadi penghematan biaya sebesar Rp 162.102.985 atau setara dengan 89,05%. Untuk resin, TIC aktual sebesar Rp 112.886.971 turun menjadi Rp 15.026.5544, sehingga mampu menghemat biaya sebesar Rp

97.860.417 atau setara dengan 86,69%. Penghematan ini diperoleh karena model EOQ probabilistik merekomendasikan pemesanan dalam kuantitas yang jauh lebih besar sehingga menurunkan frekuensi *order* dan biaya pesan, sekaligus menyeimbangkan biaya simpan serta biaya kehabisan persediaan.

Hasil perbandingan ini menunjukkan bahwa metode pengendalian persediaan yang diterapkan perusahaan saat ini belum efisien jika dibandingkan dengan pendekatan EOQ probabilistik. Frekuensi pemesanan yang tinggi menyebabkan total biaya menjadi besar, padahal biaya tersebut dapat ditekan secara signifikan apabila perusahaan mengubah strategi pemesanan sesuai dengan kuantitas optimal yang dihasilkan model. Dengan demikian, penerapan EOQ probabilistik berpotensi memberikan penghematan biaya yang substansial sekaligus meningkatkan efisiensi manajemen persediaan perusahaan.