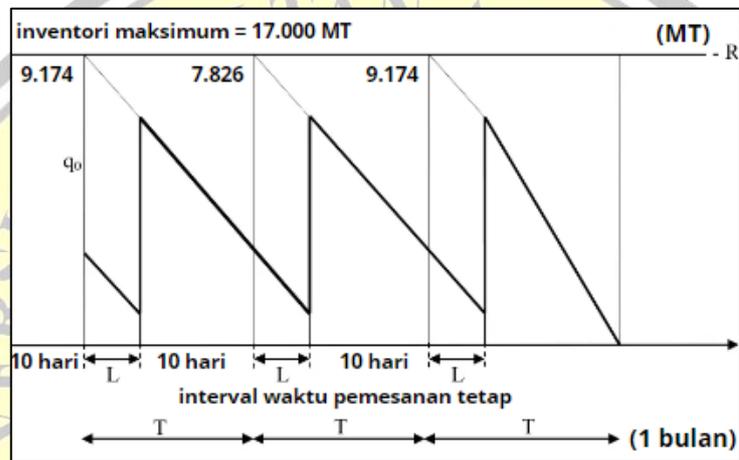


BAB IV

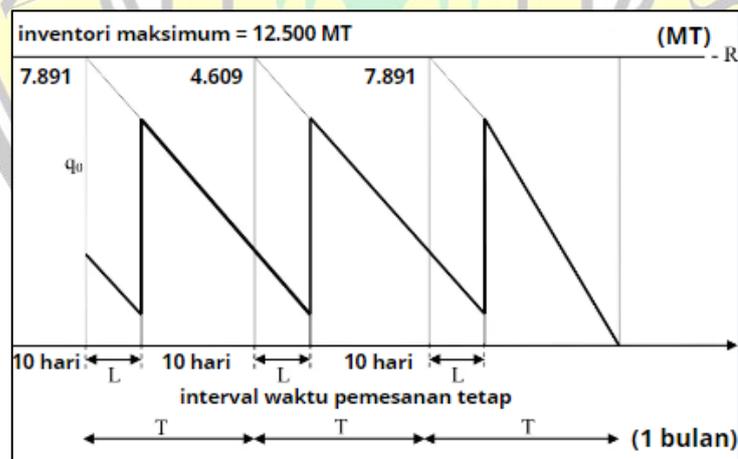
HASIL PENELITIAN

4.1 Pengumpulan Data

Dalam permasalahan persediaan bahan baku di perusahaan yang diterapkan menggunakan model eksisting perusahaan, maka dibuat usulan perbaikan pengendalian persediaan bahan menggunakan model *Q back order*. Berikut merupakan grafik yang menggambarkan keadaan eksisting perusahaan :



Gambar 12. Grafik Keadaan Model Eksisting Perusahaan Bahan Baku *Ethylene*



Gambar 13. Grafik Keadaan Model Eksisting Perusahaan Bahan Baku *Butene-1*

Pada gambar 12 dan 13 menunjukkan keadaan grafik model pada kondisi perusahaan, untuk bahan baku *ethylene* memiliki kapasitas tampung tanki sebesar

17.000 MT dengan ukuran lot pemesanan berbeda setiap bulannya untuk bulan pertama sebesar 9.174 MT dan bulan kedua sebesar 7.826 MT. Sedangkan untuk bahan baku *butene-1* memiliki kapasitas tampung tanki sebesar 12.500 MT dengan ukuran lot pemesanan berbeda setiap bulannya untuk bulan pertama sebesar 7.891 MT dan bulan kedua sebesar 4.609 MT. Berdasarkan kondisi permasalahan yang dialami permasalahan terkait persediaan bahan baku menggunakan penerapan model *P back order* maka dilakukan perbaikan usulan. Perbaikan usulan menggunakan model *Q back order* dengan data-data yang ada pada perusahaan. Pengumpulan data yang dilakukan ialah dengan melakukan observasi dan wawancara. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi untuk mendapatkan data-data yang diperlukan dalam menunjang penelitian diantaranya adalah data *demand polyethylene*, *demand* bahan baku, data *lead time*, data biaya transportasi, data biaya inventori dan data biaya bahan baku.

4.1.1 *Demand Polyethylene*

Berikut adalah data *demand polyethylene* dalam periode waktu selama dua belas bulan sebagai berikut:

Tabel 3. *Demand Polyethylene*

<i>Demand Polyethylene</i>			
Periode	<i>Demand HDPE</i> (MT)	<i>Demand LDPE</i> (MT)	<i>Demand LLDPE</i> (MT)
Oktober 2021	7.957	4.800	14.500
November 2022	7.500	9.500	14.500
Desember 2021	7.500	9.000	8.500
Januari 2022	10.500	11.000	14.500
Februari 2022	7.000	10.000	14.000
Maret 2022	10.000	9.000	9.900
April 2022	8.000	6.000	11.900
Mei 2022	11.000	9.000	5.900
Juni 2022	10.300	8.850	7.500
Juli 2022	3.000	11.000	15.000
Agustus 2022	7.000	11.000	15.000
September 2022	10.000	9.000	9.900

Dari tabel di atas, diketahui *demand* produk *polyethylene* selama dua belas bulan periode bulan Oktober 2021 sampai dengan bulan September 2022. Tabel di

atas juga menjelaskan *demand* dari tiga macam klasifikasi produk *polyetyhlene* yaitu HDPE, LDPE dan LLDPE.

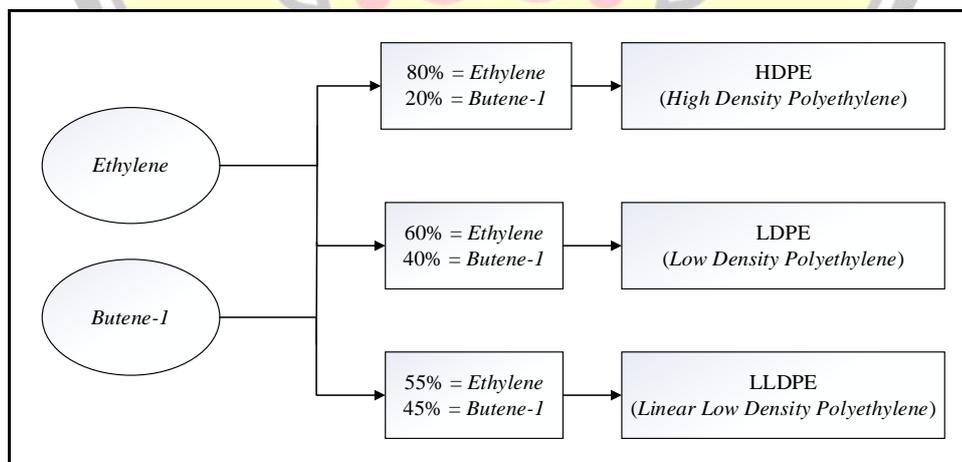
4.1.2 Demand Bahan Baku

Berikut adalah *demand* bahan baku dalam produksi produk *polyethylene* yang dilakukan di perusahaan dalam waktu dua belas bulan sebagai berikut:

Tabel 4. Demand Bahan Baku

<i>Demand Bahan Baku</i>		
Periode	<i>Ethylene</i> (MT)	<i>Butene-1</i> (MT)
Oktober 2021	203.535	42.818
November 2021	155.148	42.182
Desember 2021	255.974	26.453
Januari 2022	231.101	44.681
Februari 2022	200.559	24.049
Maret 2022	236.602	41.153
April 2022	207.097	52.259
Mei 2022	328.670	52.950
Juni 2022	287.837	51.582
Juli 2022	259.626	382.525
Agustus 2022	106.244	1.195.274
September 2022	231.101	44.681

Dari tabel di atas, diketahui bahwa bahan baku yang digunakan dalam produksi produk *polyethylene* baik itu HDPE, LDPE dan LLPE yaitu menggunakan bahan baku *ethylene* dan *butene-1*. Berikut merupakan komposisi bahan baku yang digunakan dalam produksi produk HDPE, LDPE dan LLDPE:



Gambar 14. Komposisi Bahan Baku Produk HDPE, LDPE dan LLDPE

Gambar 12 menunjukkan proporsi kebutuhan bahan baku untuk produk PE, baik HDPE, LDPE dan LLDPE. Perbedaan proporsi mengakibatkan adanya perbedaan massa produk. HDPE memiliki ketebalan sekitar 0,3–2,5 milimeter dengan kepadatan 0,963 g/cm². Untuk LDPE memiliki ketebalan antara 0,1–1,5 milimeter dengan kepadatan 0,940 g/cm². Sedangkan pada LLDPE memiliki ketebalan 0,8 – 1,2 milimeter dengan kepadatan 0,933 g/cm².

4.1.3 Data Lead Time

Berikut adalah data *lead time* dalam periode waktu produksi produk *polyethylene*:

Tabel 5. Data Lead Time

Bahan Baku			
Produk	B1	B2	Lead Time
HDPE	Ethylene	Butene-1	10 hari
LDPE			
LLDPE			

Dari tabel di atas, diketahui bahwa dalam produksi produk *polyethylene* tenggang waktu yang terjadi dalam produksi ialah selama 10 hari.

4.1.4 Biaya Transportasi

Berikut adalah data biaya transportasi yang dikeluarkan perusahaan dalam periode waktu dua belas bulan:

Tabel 6. Biaya Transportasi

Biaya Transportasi					
Periode	Kategori Harga	Harga (\$)	Harga (Rp)	Frekuensi Pengiriman	Total Harga (Rp)
Oktober 2021	ICIS+23	\$ 940	Rp 14.746.720	11	Rp 162.213.920
November 2021	ICIS+23	\$ 940	Rp 14.746.720	8	Rp 117.973.760
Desember 2021	Fixed Price	\$ 900	Rp 14.119.200	1	Rp 14.119.200
Januari 2022	ICIS+25	\$ 942	Rp 14.778.096	13	Rp 192.115.248
Februari 2022	ICIS+23	\$ 940	Rp 14.746.720	14	Rp 206.454.080
Maret 2022	ICIS+25	\$ 942	Rp 14.778.096	12	Rp 177.337.152
April 2022	ICIS+23	\$ 898	Rp 14.087.824	18	Rp 253.580.832
Mei 2022	ICIS+25	\$ 942	Rp 14.778.096	14	Rp 206.893.344
Juni 2022	Fixed Price	\$ 900	Rp 14.119.200	12	Rp 169.430.400
Juli 2022	Fixed Price	\$ 900	Rp 14.119.200	11	Rp 155.311.200
Agustus 2022	Fixed Price	\$ 900	Rp 14.119.200	1	Rp 14.119.200
September 2022	ICIS+25	\$ 942	Rp 14.778.096	14	Rp 206.893.344
Total					Rp 1.876.441.680

Dari tabel di atas, diketahui harga biaya transportasi yang dikeluarkan perusahaan setiap bulannya mulai dari bulan Oktober Tahun 2021 hingga bulan September Tahun 2022. Sebagai contoh perhitungan biaya transportasi di Bulan Oktober 2021 yaitu merupakan perkalian antara biaya transportasi (harga-Rp) dengan frekuensi pengiriman. Demikian juga perhitungan biaya transportasi di bulan lainnya, sehingga diperoleh total biaya transportasi sebesar Rp 1.876.441.680,-.

4.1.5 Biaya Inventori

Berikut adalah data biaya inventori yang dikeluarkan perusahaan dalam periode bulanan:

Tabel 7. Biaya Inventori

Biaya Inventori		
Biaya Pekerja	Rp	44.000.000
Rata-rata Biaya Operasional <i>Forklift</i>	Rp	27.500.000
Bahan Bakar Forklift	Rp	13.200.000
Biaya Listrik	Rp	25.960.000
Total Biaya per unit per tahun	Rp	10.060.000

Dari tabel di atas, diketahui bahwa biaya inventori yang dikeluarkan perusahaan dalam produksi produk *polyethylene* yaitu sebesar Rp 10.060.000,- pe-unit per tahun dengan harga bahan baku *ethylene* sebesar Rp14.644.570 dan *butene-1* sebesar Rp 22.811.436.

4.1.6 Biaya Bahan Baku

Berikut adalah data biaya bahan baku yang dikeluarkan perusahaan dalam periode dua belas bulan:

Tabel 8. Biaya Bahan Baku

Biaya Bahan Baku				
Periode	<i>Ethylene</i> (Qty)	Total	<i>Butene-1</i> (Qty)	Total
Oktober 2021	203.535	Rp 2.980.682.554.950	42.818	Rp 976.740.066.648
November 2021	155.148	Rp 2.272.075.746.360	42.182	Rp 962.231.993.352
Desember 2021	255.974	Rp 3.748.629.161.180	26.453	Rp 603.430.916.508
Januari 2022	231.101	Rp 3.384.374.771.570	44.681	Rp 1.019.237.771.916
Februari 2022	200.559	Rp 2.937.100.314.630	24.049	Rp 548.592.224.364
Maret 2022	236.602	Rp 3.464.934.551.140	41.153	Rp 938.759.025.708
April 2022	207.097	Rp 3.032.846.513.290	52.259	Rp 1.192.102.833.924

Tabel 8. Biaya Bahan Baku (Lanjutan)

Biaya Bahan Baku				
Periode	<i>Ethylene</i> (Qty)	Total	<i>Butene-1</i> (Qty)	Total
Mei 2022	328.670	Rp 4.813.230.821.900	52.950	Rp 1.207.865.536.200
Juni 2022	287.837	Rp 4.215.249.095.090	51.582	Rp 1.176.659.491.752
Juli 2022	259.626	Rp 3.802.111.130.820	382.525	Rp 8.725.944.555.900
Agustus 2022	106.244	Rp 1.555.897.695.080	1.195.274	Rp 27.265.916.353.464
September 2022	200.559	Rp 2.937.100.314.630	24.049	Rp 548.592.224.364

Dari tabel di atas, diketahui total biaya bahan baku *ethylene* dan *butene-1* yang dikeluarkan perusahaan periode bulan Oktober 2021 sampai dengan September 2022. Sebagai contoh perhitungan biaya bahan baku di Bulan Oktober 2021 yaitu merupakan perkalian antara kuantitas bahan baku (Qty) dengan harga bahan baku. Demikian juga perhitungan biaya bahan baku di bulan lainnya. Harga bahan baku *ethylene* yaitu Rp 14.644.570,-/MT dan harga bahan baku *butene-1* yaitu Rp 22.811.436,-/MT.

4.2 Pengolahan Data

Pada pengolahan data, membahas mengenai pengolahan data dari data-data yang telah dikumpulkan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Konversi Nilai ke Dalam Satuan Tahun

Konversi nilai ke dalam satuan tahun bertujuan untuk penyamarataan satuan yaitu per-tahun yang terdapat pada tabel 4, 6, 7 dan 8.

2. Konversi Data Berdasarkan Mata Uang Rupiah

Konversi data berdasarkan mata uang rupiah (Rp) bertujuan untuk penyamarataan satuan mata uang Indonesia yaitu rupiah (Rp) yang terdapat pada tabel 6.

3. Rekapitulasi Data

Rekapitulasi data dilakukan bertujuan untuk menyatukan data-data yang menjadi satu kesatuan yang terdapat pada tabel 6 dan 8.

Tahapan tersebut digunakan untuk membuat formulasi model yang disesuaikan berdasarkan permasalahan yang terjadi sampai dengan perhitungan pengendalian persediaan bahan baku menggunakan kondisi eksisting dan model usulan model *Q back order*.

4.2.1 Formulasi Model Eksisting Perusahaan

Perhitungan persediaan dan biaya berdasarkan kondisi perusahaan dilakukan untuk mengetahui hasil eksisting yang ada di perusahaan dan akan dijadikan sebagai perbandingan dengan usulan. Berikut adalah formulasi untuk kondisi eksisting perusahaan:

$$O_T = O_b + O_p + O_s + O_k \quad (4.1)$$

Berdasarkan ekspektasi biaya persediaan total (O_T) seperti dinyatakan dalam rumus (4-1), berikut ini rincian formulasi:

1. Biaya Pembelian (O_b)

Biaya pembelian barang (O_b) adalah hasil hitung kali antara ekspektasi jumlah barang yang harus dibeli (D) dengan biaya barang per unitnya (p), secara rumus matematik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$O_b = D \cdot p \quad (4.2)$$

2. Biaya Pengadaan (O_p)

Biaya pengadaan pertahun (O_p) bergantung terhadap besarnya nilai dan angka ekspektasi pemesanan (f) serta biaya untuk setiap kali melakukan pemesanan (A). Besarnya ekspektasi pemesanan pertahun tergantung pada ekspektasi kebutuhan pertahun (D) dan besarnya ukuran lot pemesanan (q_0). Dengan demikian besarnya biaya pengadaan pertahun (O_p) dapat diperoleh nilainya dengan melakukan teknik substitusi persamaan $f = \frac{D}{q_0}$ ke dalam persamaan $O_p = A \cdot f$, sehingga didapat nilai seperti berikut:

$$O_p = \frac{A \cdot D}{q_0} \quad (4.3)$$

3. Biaya Simpan (O_s)

Berdasarkan back order dengan secara matematis kemungkinan terdapat inventori yang bernilai negatif. Dengan inventori yang bernilai negatif tersebut dapat diartikan sebagai permintaan yang akan dipenuhi dengan cara back order dan diformulasikan sebagai rumus berikut:

$$O_s = ht \left(\frac{1}{2} q_0 + r - DLbb \right) \quad (4.4)$$

4. Biaya Kekurangan (O_k)

Model Q untuk kurangnya inventori hanya bergantung selama waktu ancangnya saja dan kekurangan terjadi jika jumlah permintaan selama waktu ancangnya (x) lebih besar daripada inventori saat pesanan dilakukan (r). Harga N_T dapat dicari dengan menghitung ekspektasi jumlah kekurangan inventori setiap siklusnya (N) dan ekspektasi frekuensi siklus selama satu tahun (f) maka biaya kekurangan inventori (O_k) yang dihitung berdasarkan kuantitas dapat dilihat pada formula rumus sebagai berikut:

$$O_k = \frac{CuD}{q_0} N \quad (4.5)$$

Formula yang digunakan pada perhitungan persediaan dan biaya berdasarkan kondisi perusahaan ialah pada persamaan (4.1). Setelah ditentukan formula perhitungan yang dipakai, didapatkan hasil perhitungan persediaan dan biaya berdasarkan kondisi perusahaan ialah sebagai berikut:

Tabel 9. Perhitungan Persediaan dan Biaya Berdasarkan Kondisi Perusahaan

Bahan Baku	<i>Ethylene</i>	<i>Butene-1</i>
<i>Ob</i>	Rp 3.299.292.309.447	Rp 3.803.287.992.831
<i>Op</i>	Rp 46.146.231.901	Rp 39.690.467.489
<i>Os</i>	Rp 118.753.102.612	Rp 96.883.120.970
<i>Ok</i>	Rp 20.250.712.208	Rp 39.930.558.063

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Biaya Total Ethylene} &= Ob + Op + Os + Ok \\ &= \text{Rp } 3.299.292.309.447 + \text{Rp } 46.146.231.901 + \\ &\quad \text{Rp } 118.753.102.612 + \text{Rp } 20.250.712.208 \\ &= \text{Rp } 3.484.442.356.168,- \end{aligned}$$

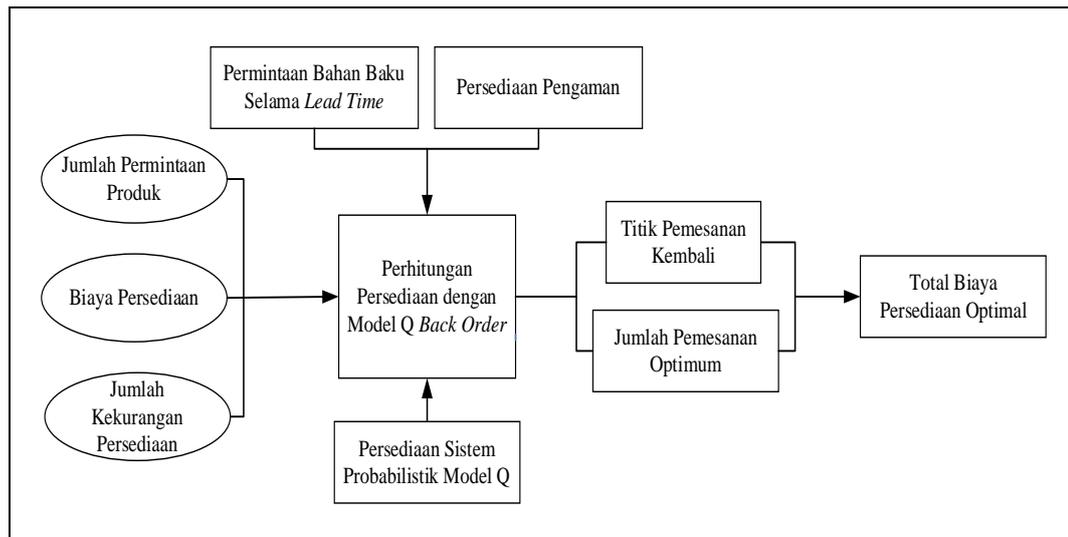
Berdasarkan tabel di atas, diketahui biaya total pada kedua bahan baku memiliki nilai biaya total yang berbeda. Biaya total persediaan bahan baku *ethylene* berjumlah Rp 3.484.442.356.168,- sedangkan biaya total persediaan bahan baku *butene-1* berjumlah Rp 3.979.792.139.353,-.

4.2.2 Pengembangan Model Usulan Model Q *Back Order*

Pengembangan model dibuat untuk pengembangan model yang akan dijadikan sebagai acuan penelitian. Dalam mengembangkan model perlu dibuat model konseptual dan *influence* diagram untuk mengetahui arah yang akan dituju dalam pembuatan model serta mengetahui pengaruh antar setiap model.

4.2.2.1 Pembuatan Model Konseptual

Model Konseptual (*conceptual model*) adalah suatu hipotesa yang digambarkan dalam diagram dari rangkaian hubungan antara faktor-faktor tertentu yang diyakini mempengaruhi atau memberi dampak kepada kondisi sasaran. Berikut model konseptual yang dibuat pada penelitian ini:

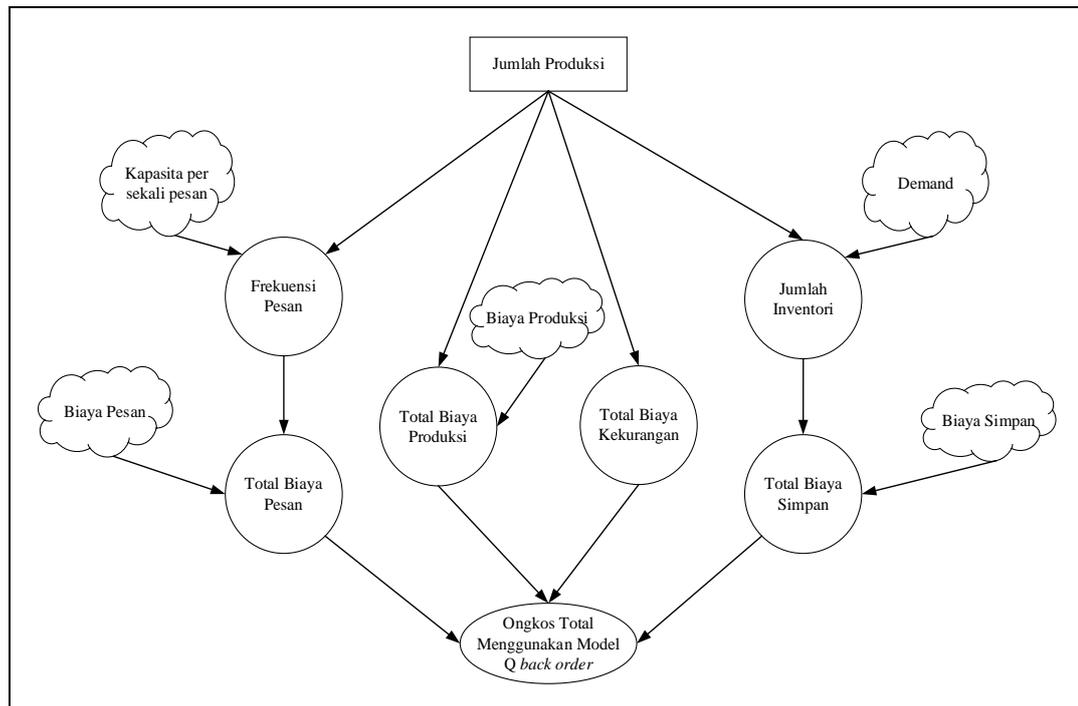


Gambar 15. Model Konseptual

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat model konseptual yang dibuat. Dalam membuat model persediaan probabilistik model Q terdapat input dengan bentuk oval yaitu jumlah permintaan produk, biaya persediaan dan jumlah kekurangan persediaan, kemudian prosesnya yaitu perhitungan persediaan dengan model Q *back order* dengan komponen persediaan sistem yaitu nilai setiap parameter dan terdapat output yaitu total biaya persediaan optimal.

4.2.2.2 Pembuatan *Influence Diagram*

Influence Diagram adalah representasi grafis dan matematis yang ringkas dari situasi keputusan. *Influence Diagram* adalah generalisasi dari jaringan, di mana tidak hanya masalah inferensi probabilistik tetapi juga masalah pengambilan keputusan dapat dimodelkan dan dipecahkan. Berikut adalah *influence diagram* yang dibuat pada penelitian ini:



Gambar 16. Influence Diagram

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa dalam membuat atau merancang pengembangan model perlu dibuat *influence diagram* atau diagram yang menjelaskan tentang pengaruh setiap elemen. Seperti yang dapat dilihat dari gambar di atas, simbol oval artinya sebagai *output* yang mewakili keluaran bertujuan untuk mengoptimalkan total biaya persediaan. Simbol awan artinya input data yang tidak terkendali, simbol lingkaran artinya komponen sistem dan persegi panjang artinya input yang terkendali.

4.2.2.3 Penentuan Asumsi dan Batasan Model

Pengembangan formulasi model dibuat untuk menulis persamaan matematis dari semua fungsi baik fungsi tujuan maupun fungsi pembatas. Pada formulasi model akan ditentukan indeks, parameter, variabel keputusan, fungsi tujuan dan pembatas yang dibutuhkan dalam proses analisis masalah yang ada menjadi model matematis. Model yang digunakan adalah formulasi model Q dengan *back order*. Berikut adalah asumsi dan batasan beserta uraian untuk indeks dan parameter model usulan:

Asumsi dan Batasan Model:

Asumsi:

1. Parameter tidak diketahui dan probabilistik

Batasan:

1. Model mempertimbangkan *Lead Time*

Indeks

- k *Supplier* ($k = 1$)
 t Periode ($t = 1, 2, \dots, T$)

Parameter

- D_{bb} *Demand* Bahan Baku
 S_{bb} Standar deviasi per unit Bahan Baku
 L_{bb} *Lead Time* Bahan Baku
 S_L Standar deviasi permintaan selama *lead time*
 A_{bb} Biaya tiap kali pesan Bahan Baku
 P_{bbk} Harga Bahan Baku dari *supplier k* untuk bahan baku yang dibeli
 h_t Biaya simpan per unit per periode
 C_u Biaya kekurangan inventori per unit
 r *Reorder point*
 D_{Lbb} Ekspetasi kebutuhan selama *lead time*
 N Ekspetasi kekurangan barang

Dari indeks di atas diketahui bahwa terdapat satu *supplier k* dalam memenuhi persediaan bahan baku per periode t . Bahan baku dipesan melalui *supplier k*, dalam hal ini *supplier k* pada pemenuhan persediaan bahan baku berjumlah satu ($k=1$). Bahan baku *ethylene* dan *butene-1* pada produksi *polyethylene* diproduksi pada periode t .

4.2.2.4 Variabel Keputusan

Variabel keputusan dalam penelitian ini adalah jumlah bahan baku yang diterima setelah dipesan dan berapa besar jumlah bahan baku yang diproduksi dengan mengoptimalkan biaya yang dikeluarkan. Terdapat dua variabel keputusan yang ada dan digunakan dalam penentuan kebijakan persediaan probabilistik model Q, yaitu:

- q_0 Ukuran lot pemesanan untuk setiap kali melakukan pembelian
 r Titik pemesanan ulang (*reorder point*).

S_s Safety stock

T_p Tingkat Pelayanan

4.2.2.5 Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan pada penelitian ialah bertujuan untuk mengoptimalkan biaya yaitu biaya total yang dikeluarkan oleh perusahaan berdasarkan model usulan model *Q back order*. Optimalisasi biaya total yang dilakukan dapat menggunakan formulasi rumus sebagai berikut:

$$O_T = O_b + O_p + O_s + O_k \quad (4.6)$$

Berdasarkan ekspektasi biaya persediaan total (OT) seperti dinyatakan dalam rumus (4-1), berikut ini rincian formulasi:

5. Biaya Pembelian (O_b)

Biaya pembelian barang (O_b) adalah hasil hitung kali antara ekspektasi jumlah barang yang harus dibeli (D_{bb}) dengan biaya barang per unitnya (p_{bbk}), secara rumus matematik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$O_b = D_{bb} \cdot p_{bbk} \quad (4.7)$$

6. Biaya Pengadaan (O_p)

Biaya pengadaan pertahun (O_p) bergantung terhadap besarnya nilai dan angka ekspektasi pemesanan (f) serta biaya untuk setiap kali melakukan pemesanan (A_{bb}). Besarnya ekspektasi pemesanan pertahun tergantung pada ekspektasi kebutuhan pertahun (D_{bb}) dan besarnya ukuran lot pemesanan (q_0). Dengan demikian besarnya biaya pengadaan pertahun (O_p) dapat diperoleh nilainya dengan melakukan teknik substitusi persamaan $f = \frac{D_{bb}}{q_0}$ ke dalam persamaan $O_p = A \cdot f$, sehingga didapat nilai seperti berikut:

$$O_p = \frac{A_{bb} D_{bb}}{q_0} \quad (4.8)$$

7. Biaya Simpan (O_s)

Berdasarkan back order dengan secara matematis kemungkinan terdapat inventori yang bernilai negatif. Dengan inventori yang bernilai negatif

tersebut dapat diartikan sebagai permintaan yang akan dipenuhi dengan cara back order dan diformulasikan sebagai rumus berikut:

$$O_s = ht \left(\frac{1}{2} q_0 + r - DL_{bb} \right) \quad (4.4)$$

8. Biaya Kekurangan (Ok)

Model Q untuk kurangnya inventori hanya bergantung selama waktu ancangnya saja dan kekurangan terjadi jika jumlah permintaan selama waktu ancangnya (x) lebih besar daripada inventori saat pesanan dilakukan (r). Harga NT dapat dicari dengan menghitung ekspektasi jumlah kekurangan inventori setiap siklusnya (N) dan ekspektasi frekuensi siklus selama satu tahun (f) maka biaya kekurangan inventori (Ok) yang dihitung berdasarkan kuantitas dapat dilihat pada formula rumus sebagai berikut:

$$O_k = \frac{CuD_{bb}}{q_0} N \quad (4.9)$$

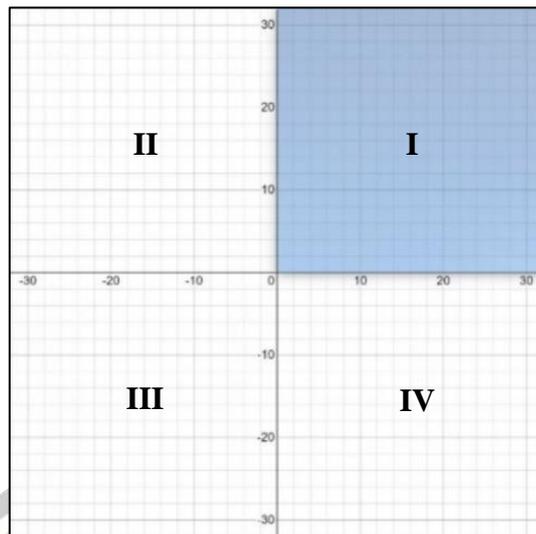
Formula yang digunakan pada perhitungan persediaan dan biaya berdasarkan kondisi perusahaan ialah pada persamaan (4.6).

4.2.2.6 Pembatas Model

Fungsi pembatas model digunakan sebagai bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan yang akan dialokasikan secara optimal. Pembatas model pada penelitian ini ialah pada ukuran lot pemesanan. Secara matematis pembatas ukuran lot pemesanan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$q_0 \geq 0 \quad (4.10)$$

Berdasarkan gambar ilustrasi di bawah ini, menggambarkan bahwa pembatas model memastikan nilai ukuran lot pemesanan lebih besar sama dengan nol.

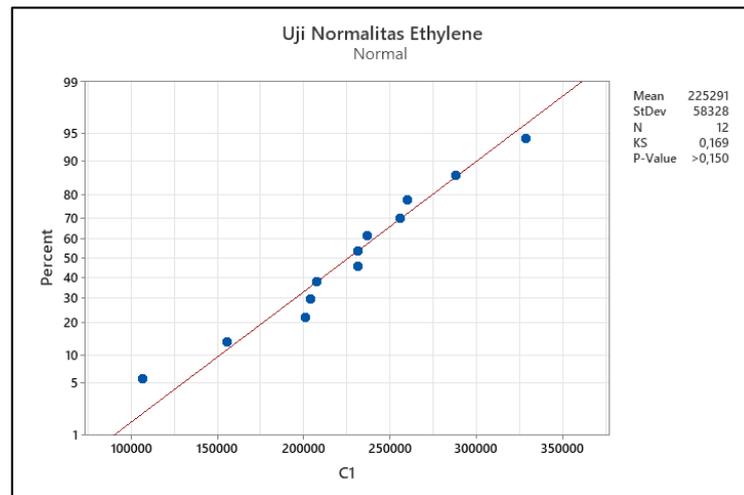


Gambar 17. Ilustrasi Pembatas Model

Pada gambar di atas menunjukkan terdapat empat kuadran 1, 2, 3 dan 4. Dapat dilihat pada gambar bahwa nilai q_0 berada pada kuadran 1 artinya nilai ukuran lot pemesanan untuk setiap kali melakukan pembelian bersifat positif terhadap axis dan juga ordinat karena lebih dari sama dengan 0.

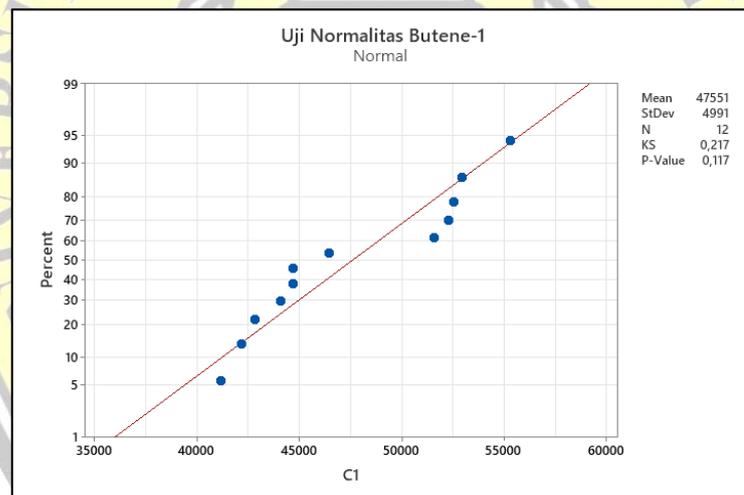
4.2.2.7 Uji Normalitas Data

Dalam mengolah sebuah data perlu dilakukan uji normalitas data. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui nilai sebaran data dan menguji apakah sebaran data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Data dikatakan normal apabila nilai uji normalitasnya lebih dari 0,05 (Sari dkk, 2017). Pengujian normalitas pada penelitian ini menggunakan *software* minitab. untuk melakukan pengujian normalitas. Uji normalitas dilakukan menggunakan metode Kormogolov-Smirnov. Berikut hasil dari uji normalitas data yang telah dilakukan:



Gambar 18. Uji Normalitas Bahan Baku *Ethylene*

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa berdasarkan hasil uji normalitas yang telah dilakukan diketahui nilai signifikansi $0,150 > 0,05$. Maka dari angka yang sudah didapat dinyatakan bahwa data berdistribusi normal.



Gambar 19. Uji Normalitas Bahan Baku *Butene-1*

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa berdasarkan hasil uji normalitas yang telah dilakukan diketahui nilai signifikansi $0,117 > 0,05$. Maka dari angka yang sudah didapat dinyatakan bahwa data berdistribusi normal.

4.2.3 Perhitungan Persediaan dan Biaya Berdasarkan Model *Q Back Order*

Perhitungan persediaan dan biaya dihitung berdasarkan dengan usulan yang akan digunakan yaitu dengan model *Q back order*. Perhitungan model *Q back order* yang digunakan juga dibuat dengan solusi metode *Hadley-Within*.

Iterasi dan Contoh Perhitungan *Ethylene*:

- a. Hitung nilai q_0^{1*} dengan formula wilson:

Perhitungan dapat dilihat pada persamaan (3.1):

$$\begin{aligned} q_0^{1*} &= \sqrt{\frac{2A_{bb}D_{bb}}{h_t}} \\ &= \sqrt{\frac{2(1.879.145.174)(225.291,170)}{10.060.000}} \\ &= 9.174 \text{ MT} \end{aligned}$$

- b. Hitung α dan r_1^* dengan menggunakan persamaan rumus (3.2):

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{h_t q_0^{1*}}{C_u D_{bb}} \\ &= \frac{(10.060.000)(9.174)}{(14.644.570)(225.291,170)} \\ &= 0,02797 \end{aligned}$$

kemudian mencari nilai $Z(\alpha)$ menggunakan persamaan rumus (3.3):

$$\begin{aligned} Z(\alpha) &= \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} (1-\alpha) \\ &= \text{NORM.S.INV} (1-0,02797) \\ &= 1,91145 \end{aligned}$$

setelah didapatkan $Z(\alpha)$ maka dapat dicari nilai r_1^* menggunakan hasil dari nilai $Z(\alpha)$ menggunakan persamaan rumus (3.4):

$$\begin{aligned} r_1^* &= Z(\alpha) \times (D_{bb} + L_{bb} + S_L) \\ &= 1,91145 \times (225.291,170 + 0,027 + 3.729,046) \\ &= 13.300 \text{ MT} \end{aligned}$$

- c. Hitung nilai q_0^{2*} dengan menggunakan persamaan rumus (3.5):

$$\begin{aligned} q_0^{2*} &= \sqrt{\frac{2D_{bb} [A_{bb} + N \times C_u]}{h_t}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 225.291,120 [1.879.145.174 + 162,92229 \times 14.644.570]}{10.060.000}} \\ &= 13.821 \text{ MT} \end{aligned}$$

mencari nilai $f(Z\alpha)$ menggunakan persamaan rumus (3.6):

$$\begin{aligned} f(Z\alpha) &= \text{NORM.S.DIST}(Z\alpha); \text{FALSE} \\ &= \text{NORM.S.DIST}(1,91145); \text{FALSE} \end{aligned}$$

$$= 0,06420$$

mencari nilai $\Psi(Z\alpha)$ menggunakan persamaan rumus (3.7):

$$\begin{aligned}\Psi(Z\alpha) &= \text{NORMDIST}(Z\alpha; 0; 1; \text{FALSE}) - Z\alpha * \text{NORMSDIST}(Z\alpha) \\ &= \text{NORMDIST}(1,91145; 0; 1; \text{FALSE}) - 1,91145 * \text{NORMSDIST} \\ &\quad (-1,91145) \\ &= 0,01073\end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai $f(Z\alpha)$ dan $\Psi(Z\alpha)$, maka dapat dihitung nilai N menggunakan persamaan rumus (3.8):

$$\begin{aligned}N &= S_L \times [f(Z\alpha) - \Psi(Z\alpha)] \\ &= 3.729,046 \times [0,06420 - 0,01073(1,91145)] \\ &= 162,92229\end{aligned}$$

- d. Hitung kembali α dan r_2^* dengan menggunakan persamaan rumus (3.9) dan (3.10):

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{h_t q_0^{2*}}{Cu D_{bb}} \\ &= \frac{(10.060.000)(13.821)}{(14.644.570)(225.291,170)} \\ &= 0,042 \\ r_2^* &= Z(\alpha) \times (D_{bb} + L_{bb} + S_L) \\ &= 1,73 \times (225.291,170 + 0,027 + 3.729,046) \\ &= 12.610 \text{ MT}\end{aligned}$$

- e. Selanjutnya ialah membandingkan nilai r^1 dan r^2 , dimana nilai r^1 dan r^2 harus sama yang artinya bahwa iterasi tersebut dapat berhenti. Jika dari kedua nilai belum sama maka dapat dilanjutkan ke iterasi 2 dan iterasi selanjutnya. Nilai r^1 dan r^2 dapat memiliki nilai toleransi selisih yaitu 0,00001 (Nirfison, 2017). Perhitungan untuk bahan baku *butene-1* pada persediaan dan biaya menggunakan rumus yang sama dengan *etyhlene*, dengan inputan data untuk *butene-1*.

4.2.3.1 Interpretasi Hasil Model Bahan Baku *Ethylene*

Interpretasi hasil model dilakukan menggunakan bantuan *software* pendukung yaitu *python*. Pada interpretasi hasil model bahan baku *ethylene* diinput nilai parameter yang digunakan :

```

1 from statistics import NormalDist
2 from math import sqrt
3
4 #Menghitung q01*
5 def calculate_q01(A, D, h):
6     quantity = sqrt(2 * A * D / h)
7     return quantity
8
9 #Menghitung alpha
10 def calculate_alpha(h, q0, c_u, D):
11     alpha = h * q0 / (c_u * D)
12     return alpha
13
14 #Menentukan z_alpha
15 def determine_z_alpha(alpha):
16     norm = NormalDist(0, 1)
17     z_alpha = norm.inv_cdf(1-alpha)
18     return z_alpha
19
20 #Menghitung r1*
21 def calculate_reorderpoint(z_alpha, S, L, D):
22     r1 = z_alpha * S * sqrt(L) + D * L
23     return r1
24
25 #Menghitung f(z_alpha)
26 def calculate_f_z_alpha(z_alpha):
27     norm = NormalDist(0, 1)
28     f_z_alpha = norm.pdf(z_alpha)
29     return f_z_alpha
30
31 #Menghitung psi
32 def calculate_psi_z_alpha(z_alpha):
33     norm = NormalDist(0, 1)
34     psi_z_alpha = calculate_f_z_alpha(z_alpha) - z_alpha * norm.cdf(-z_alpha)
35     return psi_z_alpha
36
37 #Calculate N
38 def calculate_N(S, L, f_z_alpha, psi_z_alpha, z_alpha):
39     N = S * sqrt(L) * (f_z_alpha - z_alpha * psi_z_alpha)
40     return N
41
42 #Calculate q02*
43 def calculate_q02(A, D, h, c_u, N):
44     q02 = sqrt( 2 * D * (A + c_u * N) / h )
45     return q02
46 #Parameters
47 D = 225291.170
48 S = 22529.117
49 L = 0.027
50 S_L = 3729.046
51 A = 1879145174
52 p = 14644570
53 h = 10060000
54 c_u = 14644570
55
56 #Parameter stopping criteria
57 eps = 0.00001
58 stop = False
59
60
61 #Inisialisasi
62 alpha = 0
63 z_alpha = 0
64 f_z_alpha = 0
65 N = 0
66 psi_z_alpha = 0
67 r1 = 0
68 r2 = 0
69
70 #Step 1
71 q01 = calculate_q01(A, D, h)
72 print("q01: ", str(q01))
73
74 #Step 2
75 alpha = calculate_alpha(h, q01, c_u, D)
76
77 z_alpha = determine_z_alpha(alpha)
78
79 r1 = calculate_reorderpoint(z_alpha, S, L, D)
80
81 iterasi = 1
82 r1_control = 10000
83 r2_control = 100
84
85 while( abs(r1_control - r2_control) > eps ):
86     print("")
87     print("Iterasi ke-" + str(iterasi))
88     print("Alpha: " + str(alpha))
89     print("z_alpha: " + str(z_alpha))
90     print("r1: " + str(r1))
91
92 #Step 3
93 f_z_alpha = calculate_f_z_alpha(z_alpha)
94 print("f_z_alpha: " + str(f_z_alpha))
95
96 psi_z_alpha = calculate_psi_z_alpha(z_alpha)
97 print("psi_z_alpha: " + str(psi_z_alpha))
98
99 N = calculate_N(S, L, f_z_alpha, psi_z_alpha, z_alpha)
100 print("N: " + str(N))
101
102 q02 = calculate_q02(A, D, h, c_u, N)
103 print("q02: " + str(q02))
104
105 #Step 4
106 alpha = calculate_alpha(h, q02, c_u, D)
107
108 #Step 5
109 iterasi = iterasi + 1
110 r1_control = r1
111 r2_control = r2
112 r1 = r2
113
114 #Tingkat pelayanan
115 nu = 1 - N / (D * sqrt(L))
116 print("-----")
117 print("Kebijakan inventory optimal")
118 print("Kuantitas pemesanan: " + str(q02) + " MT")
119 print("Reorder point: " + str(r2) + " MT")
120 print("Safety stock: " + str(z_alpha * S * sqrt(L)) + " MT")
121 print("Tingkat pelayanan: " + str(nu * 100) + "%")
122
123 OB = D * p
124 OP = A * D / q02
125 OS = h * (0.5 * q02 + r2 - D * sqrt(L))
126 OK = c_u * D * N / q02
127 OT = OB + OP + OS + OK
128 print("Ekspetasi ongkos total per tahun: Rp" + str(OT))

```

Gambar 20. Rancangan Model Bahan Baku *Ethylene* Menggunakan *Python*

Berdasarkan gambar di atas, parameter yang diinput ke dalam model ialah *demand*, standar deviasi, *lead time*, standar deviasi terhadap akar *lead time*, biaya pesan, harga barang, biaya simpan dan biaya kekurangan. Didapatkan hasil interpretasi model bahan baku *ethylene* dengan rancangan fomula yang telah dibuat dengan jumlah iterasi, ukuran lot pemesanan pertama, *reorder point* pertama, ukuran lot pemesanan kedua, dan *reorde rpoint* kedua sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil Interpretasi Model Bahan Baku *Ethylene*

Hasil Interpretasi Model Bahan Baku <i>Ethylene</i>											
It	q_0^1	α	$Z(\alpha)$	r^1	$f(Z\alpha)$	$\Psi(Z\alpha)$	N	q_0^2	new. α	new. $Z(\alpha)$	r^2
1	9.174,201	0,028	1,911	13.158,879	0,064	0,011	161.737	13793.217	0,042	1,727	12.477,151
2		0,042	1,727	12.477,151	0,090	0,017	222.872	15177.375	0,046	1,682	12.309,725
3		0,046	1,682	12.309,725	0,097	0,019	239.934	15541.692	0,047	1,671	12.267,709
4		0,047	1,671	12.267,709	0,099	0,020	244.343	15634.452	0,048	1,668	12.257,137
5		0,048	1,668	12.257,137	0,099	0,020	245.460	15657.872	0,048	1,667	12.254,476
6		0,048	1,667	12.254,476	0,099	0,020	245.742	15663.773	0,048	1,667	12.253,806
7		0,048	1,667	12.253,806	0,099	0,020	245.813	15665.259	0,048	1,667	12.253,637
8		0,048	1,667	12.253,637	0,099	0,020	245.831	15665.633	0,048	1,667	12.253,595
9		0,048	1,667	12.253,595	0,099	0,020	245.835	15665.727	0,048	1,667	12.253,584
10		0,048	1,667	12.253,584	0,099	0,020	245.836	15665.751	0,048	1,667	12.253,581
11		0,048	1,667	12.253,581	0,099	0,020	245.837	15665.757	0,048	1,667	12.253,581
12		0,048	1,667	12.253,581	0,099	0,020	245.837	15665.758	0,048	1,667	12.253,580
13		0,048	1,667	12.253,580	0,099	0,020	245.837	15665.759	0,048	1,667	12.253,580
14		0,048	1,667	12.253,580	0,099	0,020	245.837	15665.759	0,048	1,667	12.253,580
15		0,048	1,667	12.253,580	0,099	0,020	245.837	15665.759	0,048	1,667	12.253,580

Berdasarkan tabel 10, dapat diketahui bahwa dalam hasil interpretasi model bahan baku *ethylene* memiliki iterasi sebanyak 15 iterasi. Hal tersebut dikarenakan tidak ada selisih nilai antara r^1 dan r^2 pada iterasi 15. Nilai q_0^1 pada interpretasi model bahan baku *ethylene* ialah 9.174,201. Pada iterasi 15 nilai r^1 yaitu 12.253,580 dan nilai r^2 yaitu 12.253,580.

Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Interpretasi Model Bahan Baku *Ethylene*

Qty Pemesanan	15.665,758 MT
Reorder Point	12.253,580 MT
Safety stock	6.170,719 MT
Tingkat Pelayanan	99,34%
Ekspetasi Biaya Total per Tahun	Rp 3.207.748.552.882

Dari tabel 11 juga terdapat nilai kebijakan optimal dengan nilai kuantitas pemesanan sebesar 15.665,758 MT, nilai *reorder point* sebesar 12.253,580 MT, nilai *safety stock* sebesar 6.170,719 MT, nilai tingkat pelayanan sebesar 99,34% dan nilai ekspektasi biaya total per tahun sebesar Rp 3.207.748.552.882,-

4.2.3.2 Interpretasi Hasil Model Bahan Baku *Butene-1*

Pada interpretasi hasil model bahan baku *butene-1* diinput nilai parameter yang digunakan. Berikut merupakan interpretasi model yang dibuat:

```

1 from statistics import NormalDist
2 from math import sqrt
3
4 #Menghitung q01*
5 def calculate_q01(A, D, h):
6     quantity = sqrt(2 * A * D / h)
7     return quantity
8
9 #Menghitung alpha
10 def calculate_alpha(h, q0, c_u, D):
11     alpha = h * q0 / (c_u * D)
12     return alpha
13
14 #Menentukan z_alpha
15 def determine_z_alpha(alpha):
16     norm = NormalDist(0,1)
17     z_alpha = norm.invcdf(1-alpha)
18     return z_alpha
19
20 #Menghitung r1*
21 def calculate_reorderpoint(z_alpha, S, L, D):
22     r1 = z_alpha * S * sqrt(L) + D * L
23     return r1
24
25 #Menghitung f(z_alpha)
26 def calculate_f_z_alpha(z_alpha):
27     norm = NormalDist(0, 1)
28     f_z_alpha = norm.pdf(z_alpha)
29     return f_z_alpha
30
31 #Menghitung psi
32 def calculate_psi_z_alpha(z_alpha):
33     norm = NormalDist(0, 1)
34     psi_z_alpha = calculate_f_z_alpha(z_alpha) - z_alpha * norm.cdf(-z_alpha)
35     return psi_z_alpha
36
37 #Calculate N
38 def calculate_N(S, L, f_z_alpha, psi_z_alpha, z_alpha):
39     N = S * sqrt(L) * (f_z_alpha - z_alpha * psi_z_alpha)
40     return N
41
42 #Calculate q02*
43 def calculate_q02(A, D, h, c_u, N):
44     q02 = sqrt( 2 * D * (A + c_u * N) / h )
45     return q02
46 #Parameters
47 D = 166727.250
48 S = 16672.725
49 L = 0.027
50 S_L = 2759.689
51 A = 1878442287
52 p = 22811436
53 h = 10060000
54 c_u = 22811436
55
56 #Parameter stopping criteria
57 eps = 0.00001
58 stop = False
59
60
61 #Inisialisasi
62 alpha = 0
63 z_alpha = 0
64 f_z_alpha = 0
65 N = 0
66 psi_z_alpha = 0
67 r1 = 0
68 r2 = 0
69
70 #Step 1
71 q01 = calculate_q01(A, D, h)
72 print("q01: ", str(q01))
73
74 #Step 2
75 alpha = calculate_alpha(h, q01, c_u, D)
76
77 z_alpha = determine_z_alpha(alpha)
78
79 r1 = calculate_reorderpoint(z_alpha, S, L, D)
80
81 iterasi = 1
82 r1_control = 10000
83 r2_control = 100
84
85 while( abs(r1_control - r2_control) > eps ):
86     print("")
87     print("Iterasi ke-" + str(iterasi))
88     print("Alpha: " + str(alpha))
89     print("z_alpha: " + str(z_alpha))
90     print("r1: " + str(r1))
91
92 #Step 3
93 f_z_alpha = calculate_f_z_alpha(z_alpha)
94 print("f_z_alpha: " + str(f_z_alpha))
95
96 psi_z_alpha = calculate_psi_z_alpha(z_alpha)
97 print("psi_z_alpha: " + str(psi_z_alpha))
98
99 N = calculate_N(S, L, f_z_alpha, psi_z_alpha, z_alpha)
100 print("N: " + str(N))
101
102 q02 = calculate_q02(A, D, h, c_u, N)
103 print("q02: " + str(q02))
104
105 #Step 4
106 alpha = calculate_alpha(h, q02, c_u, D)
107 print("New alpha: " + str(alpha))
108
109 z_alpha = determine_z_alpha(alpha)
110 print("New z_alpha: " + str(z_alpha))
111
112 r2 = calculate_reorderpoint(z_alpha, S, L, D)
113 print("r2: " + str(r2))
114
115 #Step 5
116 iterasi = iterasi + 1
117 r1_control = r1
118 r2_control = r2
119 r1 = r2
120
121 #Tingkat pelayanan
122 nu = 1 - N / (D * sqrt(L))
123 print(".....")
124 print("Kebijakan inventory optimal")
125 print("Kuantitas pemesanan: " + str(q02) + " MT")
126 print("Reorder point: " + str(r2) + " MT")
127 print("Safety stock: " + str(z_alpha * S * sqrt(L)) + " MT")
128 print("Tingkat pelayanan: " + str(nu * 100) + "%")
129
130 OB = D * p
131 OP = A * h / n0
132 OS = h * (0.5 * q02 + r2 - D * sqrt(L))
133 OK = c_u * D * N / q02
134 OT = OB + OP + OS + OK
135 print("Ekspektasi ongkos total per tahun: Rp" + str(OT))

```

Gambar 21. Rancangan Model Bahan Baku *Butene-1* Menggunakan Python

Berdasarkan gambar di atas, parameter yang diinput ke dalam model ialah *demand*, standar deviasi, *lead time*, standar deviasi terhadap akar *lead time*, biaya pesan, harga barang, biaya simpan dan biaya kekurangan. Didapatkan hasil

interpretasi model bahan baku *butene-1* dengan rancangan fomula yang telah dibuat dengan jumlah iterasi, ukuran lot pemesanan pertama, *reorder point pertama*, ukuran lot pemesanan kedua, dan *reorde rpoint* kedua sebagai berikut:

Tabel 12. Hasil Interpretasi Model Bahan Baku *Butene-1*

Hasil Interpretasi Model Bahan Baku <i>Butene-1</i>											
It	qo^l	α	$Z(\alpha)$	r^l	$f(Z\alpha)$	$\Psi(Z\alpha)$	N	qo^2	new. α	new. $Z(\alpha)$	r^2
1	7.890, 749	0,021	2,036	10.079, 670	0,050	0,008	94.5 54	11.565, 403	0,031	1,872	9.630,6 53
2		0,031	1,872	9.630,6 53	0,069	0,012	128. 519	12.626, 957	0,033	1,833	9.523,4 10
3		0,033	1,833	9.523,4 10	0,074	0,013	137. 756	12.900, 557	0,034	1,823	9.496,9 80
4		0,034	1,823	9.496,9 80	0,076	0,013	140. 101	12.969, 088	0,034	1,821	9.490,4 31
5		0,034	1,821	9.490,4 31	0,076	0,014	140. 686	12.986, 133	0,034	1,820	9.488,8 07
6		0,034	1,820	9.488,8 07	0,076	0,014	140. 832	12.990, 364	0,034	1,820	9.488,4 04
7		0,034	1,820	9.488,4 04	0,076	0,014	140. 868	12.991, 414	0,034	1,820	9.488,3 04
8		0,034	1,820	9.488,3 04	0,076	0,014	140. 877	12.991, 675	0,034	1,820	9.488,2 80
9		0,034	1,820	9.488,2 80	0,076	0,014	140. 879	12.991, 739	0,034	1,820	9.488,2 73
10		0,034	1,820	9.488,2 73	0,076	0,014	140. 879	12.991, 755	0,034	1,820	9.488,2 72
11		0,034	1,820	9.488,2 73	0,076	0,014	140. 879	12.991, 759	0,034	1,820	9.488,2 72
12		0,034	1,820	9.488,2 73	0,076	0,014	140. 879	12.991, 760	0,034	1,820	9.488,2 72
13		0,034	1,820	9.488,2 71	0,076	0,014	140. 879	12.991, 761	0,034	1,820	9.488,2 72
14		0,034	1,820	9.488,2 71	0,076	0,014	140. 879	12.991, 761	0,034	1,820	9.488,2 71

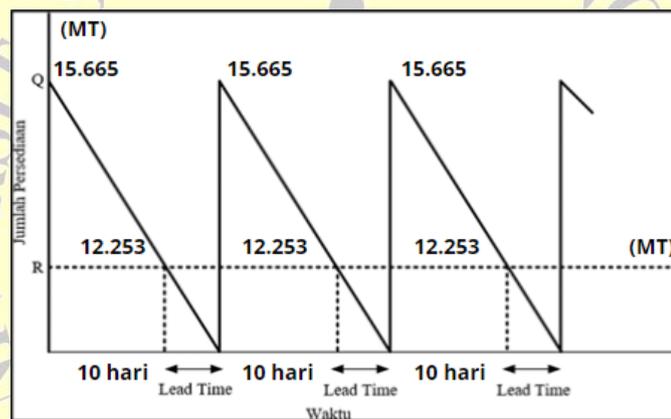
Berdasarkan tabel 12, dapat diketahui bahwa dalam hasil interpretasi model bahan baku *butene-1* memiliki iterasi sebanyak 14 iterasi. Hal tersebut dikarenakan tidak ada selisih nilai antara r^l dan r^2 pada iterasi 14. Nilai qo^l pada interpretasi model bahan baku *butene-1* ialah 7.890,749. Pada iterasi 14 nilai r^l yaitu 9.488.271 dan nilai r^2 yaitu 9.488,271.

Tabel 13. Rekapitulasi Hasil Interpretasi Model Bahan Baku *Butene-1*

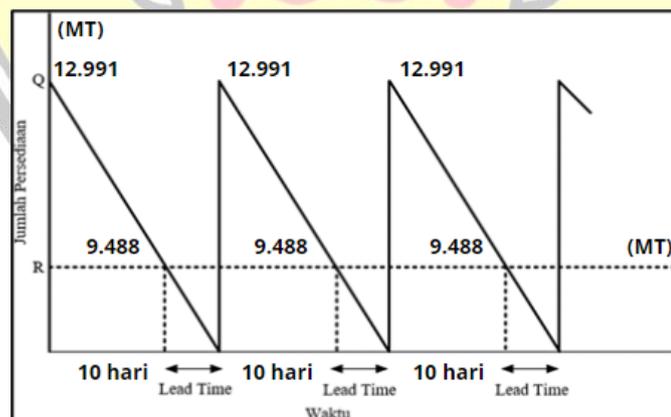
Qty Pemesanan	12.991,760 MT
Reorder Point	9.488,271 MT
Safety stock	4.986,636 MT
Tingkat Pelayanan	99,49%
Ekspetasi Biaya Total per Tahun	Rp 3.753.832.528.639

Dari tabel 13 juga terdapat nilai kebijakan optimal dengan nilai kuantitas pemesanan sebesar 12.991,760 MT, nilai *reorder point* sebesar 9.488,271 MT, nilai *safety stock* sebesar 4.986,636 MT, nilai tingkat pelayanan sebesar 99,49% dan nilai ekspetasi biaya total per tahun sebesar Rp 3.753.832.528.639,-

Perbaikan usulan untuk perusahaan dibuat dengan menggunakan model *Q back order*. Keadaan model *Q back order* usulan dapat digambarkan dengan grafik berikut:



Gambar 22. Grafik Keadaan Model *Q back order* Bahan Baku *Ethylene*



Gambar 23. Grafik Keadaan Model *Q back order* Bahan Baku *Butene-1*

Berdasarkan gambar 22 dan 23 menunjukkan keadaan grafik model *Q back order* untuk bahan baku *ethylene* dan *butene-1* dengan interval pemesanan bahan baku yang tetap dan interval waktu *lead time* juga tetap. Ukuran lot pemesanan bahan baku *ethylene* sebesar 15.665 MT dengan titik pemesanan ulang (r) yaitu 12.253 MT dan untuk bahan baku *butene-1* sebesar 12.991 MT dengan titik pemesanan ulang (r) yaitu 9.488 MT dan waktu *lead time* kedua bahan baku ialah selama 10 hari.

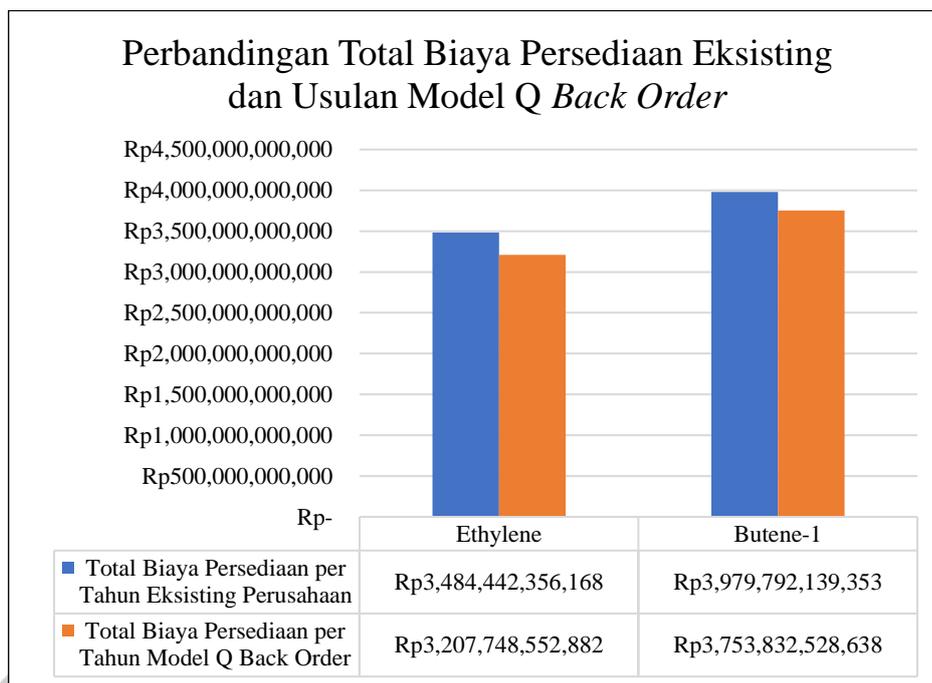
4.2.4 Perbandingan Total Biaya Persediaan

Perbandingan total biaya persediaan dibuat untuk mengetahui perubahan nilai antara kondisi eksisting perusahaan dengan usulan yaitu menggunakan model *Q back order*. Berikut adalah hasil perbandingan antara perhitungan total biaya persediaan eksisting perusahaan dengan usulan model *Q back order* sebagai berikut:

Tabel 14. Perbandingan Total Biaya Persediaan Eksisting dan Usulan Model *Q Back Order*

Bahan Baku	Total Biaya Persediaan per Tahun			
	Eksisting Perusahaan	Model <i>Q Back Order</i>	Selisih	Persentase Selisih
<i>Ethylene</i>	Rp 3.484.442.356.168	Rp 3.207.748.552.882	Rp 276.693.803.286	7,94%
<i>Butene-1</i>	Rp 3.979.792.139.353	Rp 3.753.832.528.638	Rp 225.959.610.715	5,68%

Berdasarkan hasil tabel di atas dapat diketahui bahwa terdapat perbandingan total biaya antara eksisting perusahaan dan usulan dengan model *Q back order* baik itu bahan baku *ethylene* ataupun *butene-1*. Total biaya persediaan bahan baku *ethylene* berdasarkan kondisi perusahaan ialah Rp 3.484.442.356.168 dan usulan Rp 3.207.748.552.882. Dari total keduanya terdapat selisih harga yaitu Rp 276.693.803.286 dengan persentase sebesar 7,94%. Kemudian total biaya persediaan bahan baku *butene-1* berdasarkan kondisi perusahaan ialah Rp 3.979.792.139.353 dan usulan Rp 3.753.832.528.638. Dari total keduanya terdapat selisih harga yaitu Rp 225.959.610.715 dengan persentase sebesar 5,68%. Dengan hasil tersebut menandakan hasil yang baik yaitu dapat menghemat biaya persediaan bagi perusahaan.



Gambar 24. Grafik Perbandingan Total Biaya Persediaan Eksisting dan Usulan Model Q Back Order

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa grafik tersebut menunjukkan perbandingan yang signifikan terhadap total biaya eksisting perusahaan dengan model usulan. Grafik gambar menunjukkan penurunan yang artinya hasil model usulan menghasilkan total biaya persediaan yang lebih kecil.

4.2.5 Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi dan validasi model dilakukan untuk menguji dan kemudian dipastikan bahwa model yang dibuat dapat berjalan sesuai dengan program tanpa terindikasi *error*. Model dibuat dengan bantuan program atau *software* pendukung yaitu *python*. Rancangan model yang telah dibuat pada gambar 17 dan 18 kemudian akan di *running* atau dijalankan untuk mendapatkan hasilnya. Berikut adalah hasil pengerjaan menggunakan bantuan *software python*:

The image displays two screenshots of a Python Online Compiler interface. The top screenshot shows the execution of a Python script named 'main.py'. The code defines several functions: `calculate_q02A`, `calculate_alpha`, `determine_z_alpha`, and `calculate_reorderpoint`. It then iterates through 15 iterations, adjusting parameters like `alpha`, `z_alpha`, `r1`, `r2`, and `nu` until it reaches an optimal solution. The output shows the final values for these parameters and the resulting inventory and reorder points.

The bottom screenshot shows the same code being executed with different input parameters. The output shows the updated values for the parameters and the resulting inventory and reorder points, demonstrating the model's flexibility in handling different input scenarios.

Gambar 25. Verifikasi Model Menggunakan Python

Gambar di atas menunjukkan hasil bahwa Setelah dilakukan verifikasi model dan diketahui hasil dari verifikasi tersebut ukuran lot pemesanan pada bahan baku *ethylene* sebesar 15.665,758 MT dan bahan baku *butene-1* sebesar 12.991.760 MT dengan kapasitas masing-masing tanki yaitu untuk *ethylene* 17.000 MT dan *butene-1* 12.500 MT dan kapasitas pengiriman kapal sebesar 20.000 DWT artinya hasil dari model yang dibuat *feasible* atau layak digunakan.

Kemudian setelah melakukan verifikasi model, dilakukan validasi model yaitu dengan memberikan hasil model yang sudah dibuat dan rekapitulasi hasil ke perusahaan. Hasil dari perusahaan ialah data tersebut dikatakan bersifat *riil* dan juga model yang dibuat *feasible* atau layak digunakan. Setelah model terverifikasi dan tervalidasi maka data tersebut dapat diberikan ke perusahaan dan dijadikan proyeksi oleh perusahaan.

4.2.6 Uji Sensivitas Model

Uji sensitivitas model dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari perubahan parameter terhadap fungsi tujuan. Uji sensitivitas model juga dibuat untuk menganalisis perubahan pada variabel keputusan saat terjadi perubahan pada nilai parameter. Uji sensitivitas model dilakukan dengan menaikkan dan menurunkan *demand* di setiap skenario sebanyak 10%. Dari perbandingan antara model Q dengan pengendalian persediaan bahan di perusahaan dihasilkan model yang lebih optimal yaitu model Q. Untuk menjelaskan analisis sensitivitas model Q ini digunakan contoh data perhitungan analisis sensitivitas pada persediaan bahan baku *ethylene*. Model Q pada persediaan bahan baku *ethylene* memiliki karakteristik sebagai berikut :

Jumlah pesanan optimal (q_0^2) = 15.665,758 MT
 Titik pemesanan kembali (r) = 12.253,580 MT
 Persediaan pengaman (S_s) = 6.170,719 MT
 Total biaya persediaan (O_T) = Rp 3.207.748.552.882,-

Sedangkan model Q pada persediaan bahan baku *butene-1* memiliki karakteristik sebagai berikut :

Jumlah pesanan optimal (q_0^2) = 12.991,760 MT
 Titik pemesanan kembali (r) = 9.488,271 MT
 Persediaan pengaman (S_s) = 4.986,636 MT
 Total biaya persediaan (O_T) = Rp 3.753.832.528.639,-

Model yang dibuat didapatkan dengan menggunakan parameter model sebagai berikut :

Permintaan (*demand*) *ethylene* 1 tahun (D) = 225.291,170 MT
 Permintaan (*demand*) *butene-1* 1 tahun (D) = 166.727,250 MT
 Waktu ancap (*Lead Time*) (L) = 10 hari

Pada pengendalian persediaan bahan baku *ethylene* dengan model Q menggunakan parameter jumlah permintaan bahan baku *ethylene* per tahun (D) = 225.291,170 MT dan parameter jumlah permintaan bahan baku *butene-1* per tahun (D) = 166.727,250 MT. Dengan cara mencoba memasukkan beberapa nilai permintaan pada model yang telah didapat sehingga diperoleh pengaruh persentase

kenaikan atau penurunan jumlah permintaan terhadap jumlah pesanan optimal (q_0^2), titik pemesanan kembali (r), persediaan pengaman (S_s), tingkat pelayanan (T_p) dan total biaya persediaan (O_T). Berikut adalah hasil uji sensitivitas terhadap jumlah permintaan:

Tabel 15. Uji Sensitivitas Model Terhadap Penurunan Nilai Demand Ethylene

Skenario	Penurunan Nilai Demand	Demand	q_0^2	r	S_s	T_p	Biaya Total
1	0%	225.291,170	15.665,758	12.253,580	6.170,719	99,34%	Rp 3.207.748.552.882
2	-10%	202.762,054	15.129,868	11.518,948	6.044,363	99,22%	Rp 2.902.279.561.538
3	-20%	180.232,942	14.557,332	10.766,603	5.900,316	99,07%	Rp 2.596.262.325.647
4	-30%	157.703,828	13.940,005	9.991,327	5.733,324	98,86%	Rp 2.289.564.889.729
5	-40%	135.174,704	13.266,298	9.185,193	5.535,475	98,56%	Rp 1.981.989.865.889
6	-50%	112.645,592	12.518,913	8.335,542	5.294,117	98,11%	Rp 1.673.236.023.141

Tabel 16. Uji Sensitivitas Model Terhadap Kenaikan Nilai Demand Ethylene

Skenario	Kenaikan Nilai Demand	Demand	q_0^2	r	S_s	T_p	Biaya Total
1	0%	225.291,170	15.665,758	12.253,580	6.170,719	99,34%	Rp 3.207.748.552.882
2	10%	247.820,293	16.171,038	12.974,201	6.283,052	99,43%	Rp 3.512.768.948.597
3	20%	270.349,406	16.650,222	13.683,445	6.384,017	99,50%	Rp 3.817.412.590.791
4	30%	292.878,524	17.106,885	14.383,282	6.475,564	99,55%	Rp 4.121.735.040.719
5	40%	315.407,645	17.543,846	15.075,247	6.559,233	99,60%	Rp 4.425.779.894.137
6	50%	337.936,767	17.963,373	15.760,496	6.636,206	99,64%	Rp 4.729.582.034.836

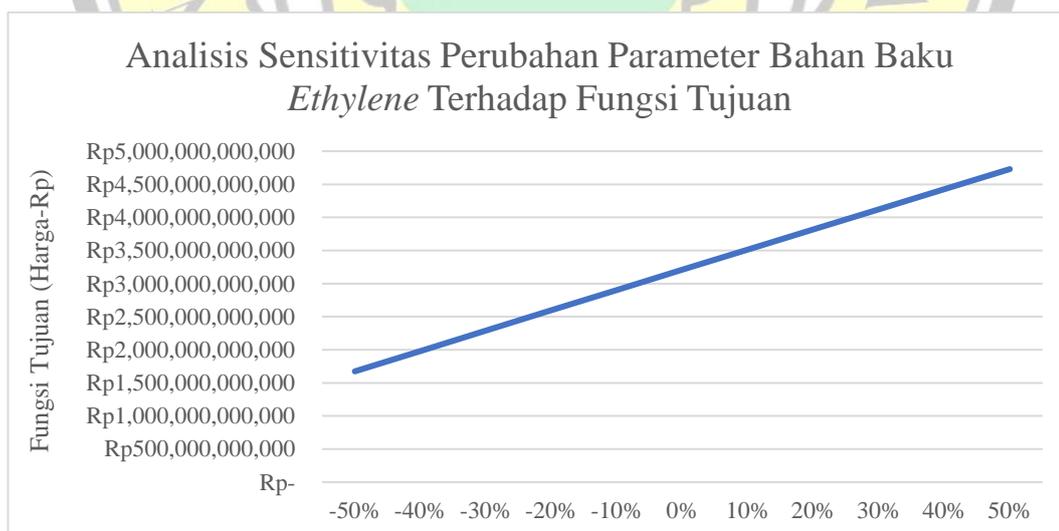
Tabel 17. Uji Sensitivitas Model Terhadap Penurunan Nilai Demand Butene-1

Skenario	Penurunan Nilai Demand	Demand	q_0^2	r	S_s	T_p	Biaya Total
1	0%	166.727,250	12.991,760	9.488,271	4.986,636	99,49%	Rp 3.753.832.528.639
2	-10%	150.054,525	12.543,396	8.950,688	4.899,213	99,39%	Rp 3.391.145.457.160
3	-20%	133.381,800	12.065,302	8.400,942	4.799,636	99,27%	Rp 3.028.037.082.535
4	-30%	116.709,075	11.550,945	7.835,454	4.684,304	99,11%	Rp 2.664.405.465.724
5	-40%	100.036,350	10.991,058	7.248,837	4.547,859	98,88%	Rp 2.300.103.177.564
6	-50%	83.363,625	10.371,773	6.632,492	4.381,673	98,52%	Rp 1.934.904.487.074

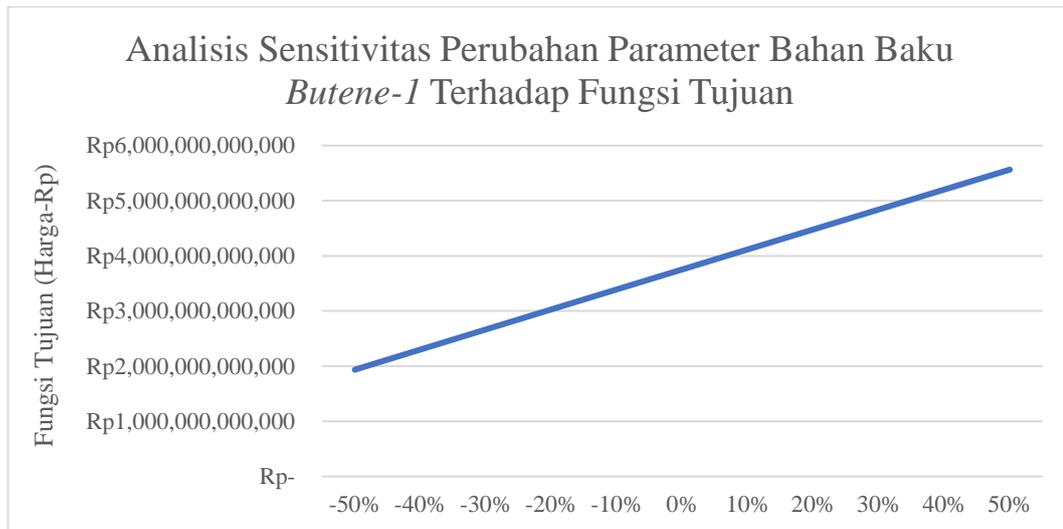
Tabel 18. Uji Sensitivitas Model Terhadap Kenaikan Nilai *Demand Butene-1*

Skenario	Kenaikan Nilai Demand	<i>Demand</i>	qo^2	r	Ss	Tp	Biaya Total
1	0%	166.727,250	12.991,760	9.488,271	4.986,636	99,49%	Rp 3.753.832.528.639
2	10%	183.399,986	13.415,227	10.016,218	5.064,412	99,56%	Rp 4.116.171.928.121
3	20%	200.072,703	13.817,422	10.536,322	5.134,366	99,61%	Rp 4.478.218.707.471
4	30%	216.745,438	14.201,215	11.049,966	5.197,834	99,66%	Rp 4840.015.195.367
5	40%	233.418,155	14.568,889	11.558,154	5.255,860	99,69%	Rp 5.201.594.699.767
6	50%	250.090,884	14.922,264	12.061,720	5.309,272	99,72%	Rp 5.562.983.945.049

Berdasarkan tabel uji sensitivitas model, penurunan dan kenaikan *demand* pada bahan baku *ethylene* dan *butene-1* berubah 10% di setiap skenario. Dengan penurunan dan kenaikan nilai *demand* akan mempengaruhi nilai jumlah permintaan sampai dengan biaya total. Hal ini disebabkan karena untuk memenuhi permintaan yang semakin besar maka perlu jumlah pesanan, titik pemesanan kembali dan persediaan pengaman semakin besar juga. Meningkatnya jumlah pesanan optimal dan persediaan pengaman mengakibatkan naiknya biaya penyimpanan yang dikeluarkan sehingga total biaya persediaan juga meningkat. Hal ini berarti bahwa jumlah pesanan optimal sensitif terhadap perubahan jumlah permintaan tetapi tidak sampai menyebabkan perubahan model Q yang telah didapat. Gambar 21 dan 22 menunjukkan perubahan parameter *demand* terhadap nilai fungsi tujuan.



Gambar 26. Analisis Sensitivitas Perubahan Parameter *Demand* Untuk *Ethylene* Terhadap Fungsi Tujuan



**Gambar 27. Analisis Sensitivitas Perubahan Parameter *Demand* Untuk *Butene-1*
Terhadap Fungsi Tujuan**

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa, pada grafik perubahan penurunan dan kenaikan *demand* sangat berpengaruh pada biaya total yang dikeluarkan. Hal ini disebabkan karena untuk memenuhi permintaan yang semakin kecil maka perlu jumlah pesanan, titik pemesanan kembali dan persediaan pengaman semakin kecil juga. Hal ini disebabkan karena untuk memenuhi permintaan yang semakin besar maka perlu jumlah pesanan, titik pemesanan kembali dan persediaan pengaman semakin besar juga. Hal ini berarti bahwa jumlah pesanan optimal sensitif terhadap perubahan jumlah permintaan tetapi tidak sampai menyebabkan perubahan model Q yang telah didapat. Maka dalam menghitung persediaan dengan mempertimbangkan optimalisasi biaya total perlu dilakukan perhitungan persediaan secara optimal.