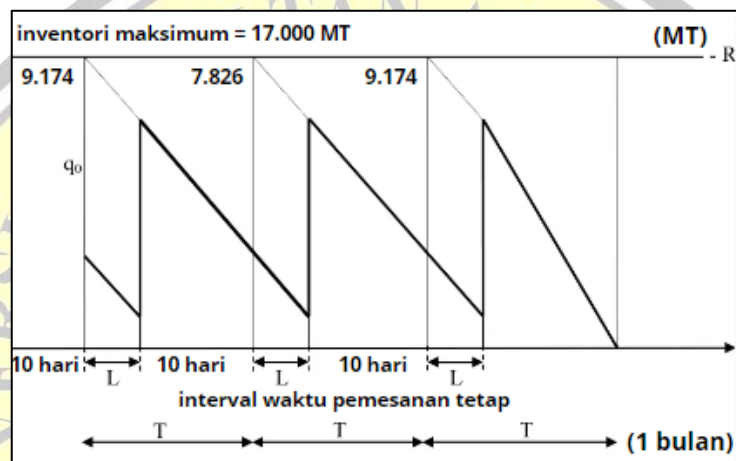


## BAB IV

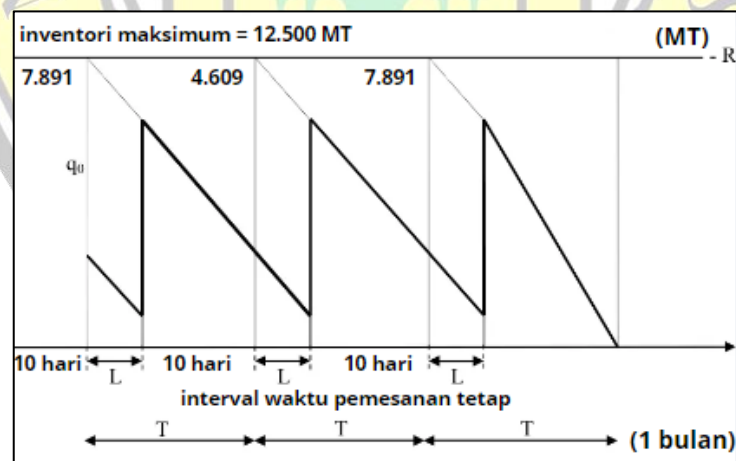
### HASIL PENELITIAN

#### 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> |                                    |                                    |                                     |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Periode</b>             | <b><i>Demand HDPE</i><br/>(MT)</b> | <b><i>Demand LDPE</i><br/>(MT)</b> | <b><i>Demand LLDPE</i><br/>(MT)</b> |
| 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.

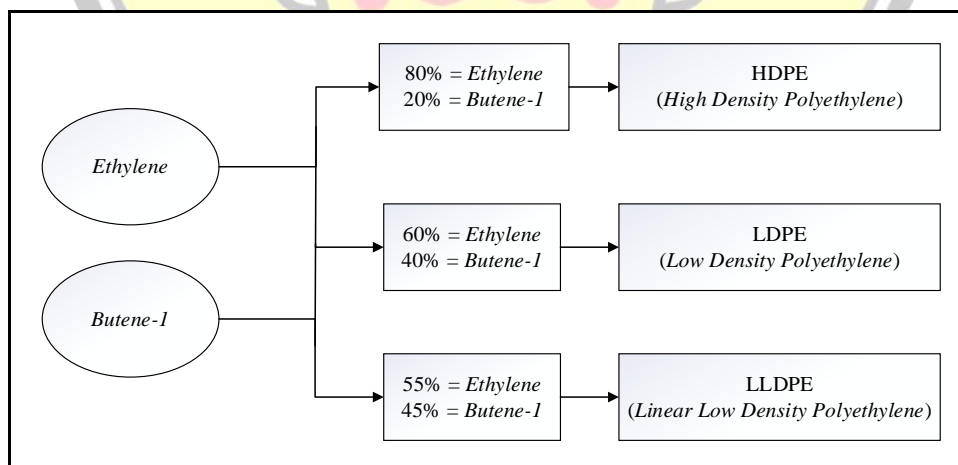
#### 4.1.2 Demand Bahan Baku

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> |                      |                      |
|--------------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Periode</b>           | <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/cm<sup>2</sup>. Untuk LDPE memiliki ketebalan antara 0,1–1,5 milimeter dengan kepadatan 0,940 g/cm<sup>2</sup>. Sedangkan pada LLDPE memiliki ketebalan 0,8 – 1,2 milimeter dengan kepadatan 0,933 g/cm<sup>2</sup>.

#### 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          |
| <b>Total</b>       |                |            |               |                      | <b>Rp 1.876.441.680</b> |

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        |
| <b>Total Biaya per unit per tahun</b>       | Rp | <b>10.060.000</b> |

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><br>(Qty) | Total                | <i>Butene-1</i><br>(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><br>(Qty) | Total                | <i>Butene-1</i><br>(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:

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

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,-.

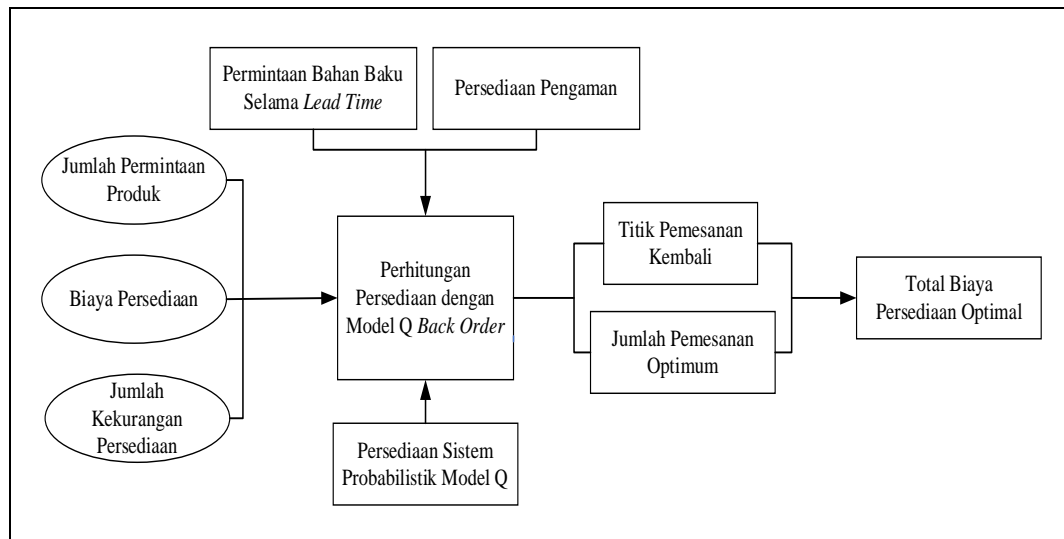
#### 4.2.2 Pengembangan Model Usulan Model Q *Back Order*

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:

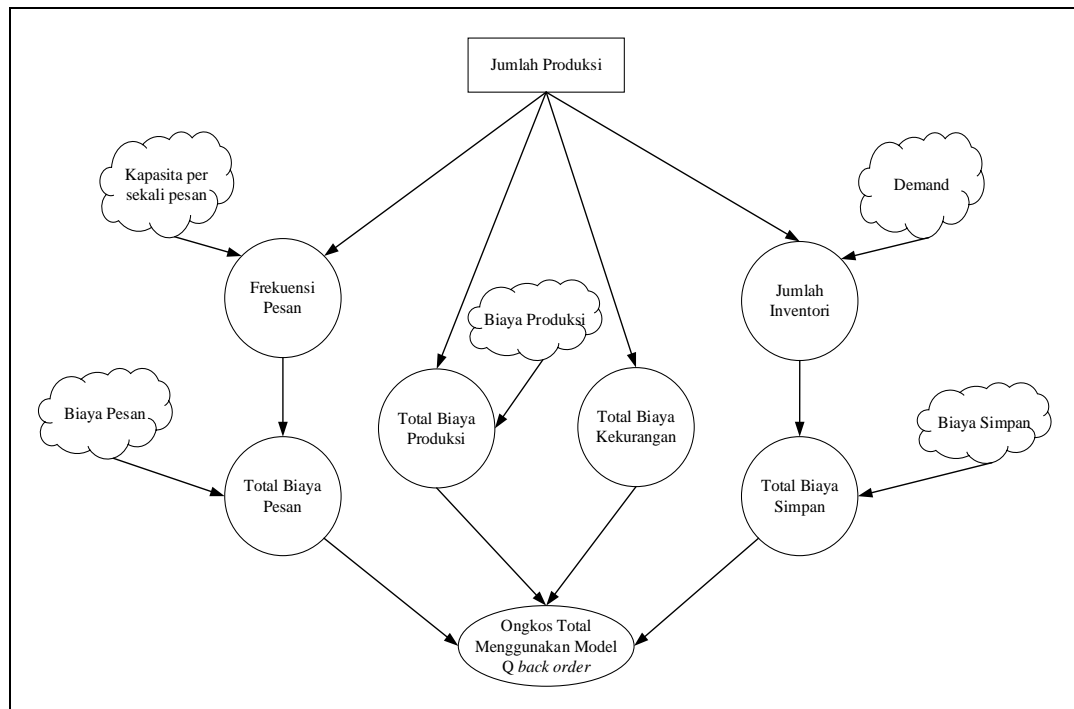


**Gambar 15. Model Konseptual**

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:

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

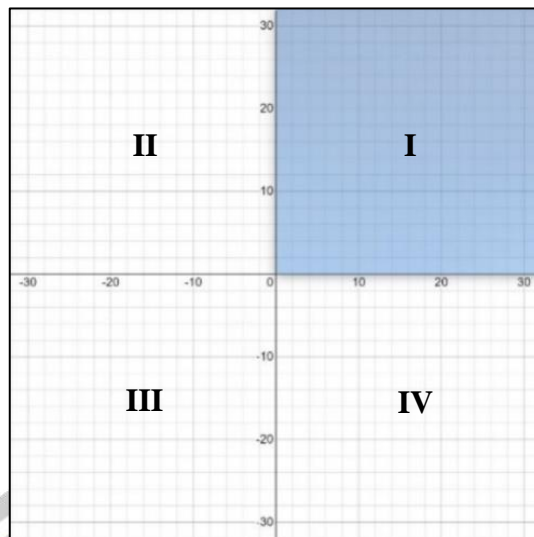
Formula yang digunakan pada perhitungan persediaan dan biaya berdasarkan kondisi perusahaan ialah pada persamaan (4.6).

#### 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.

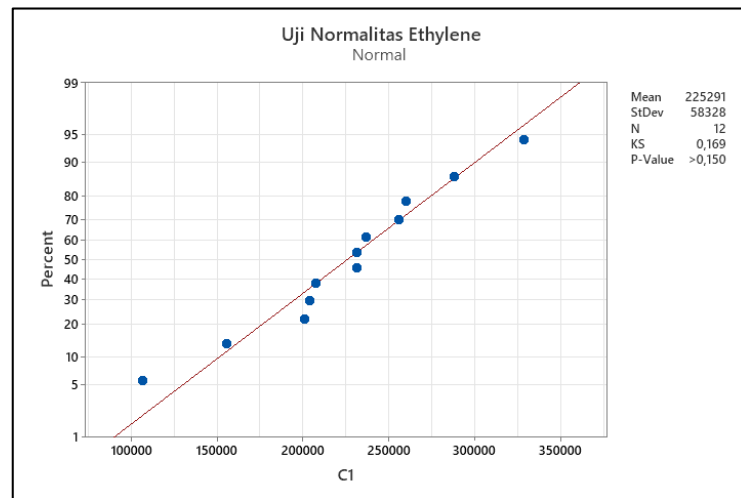


**Gambar 17. Ilustrasi Pembatas Model**

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.

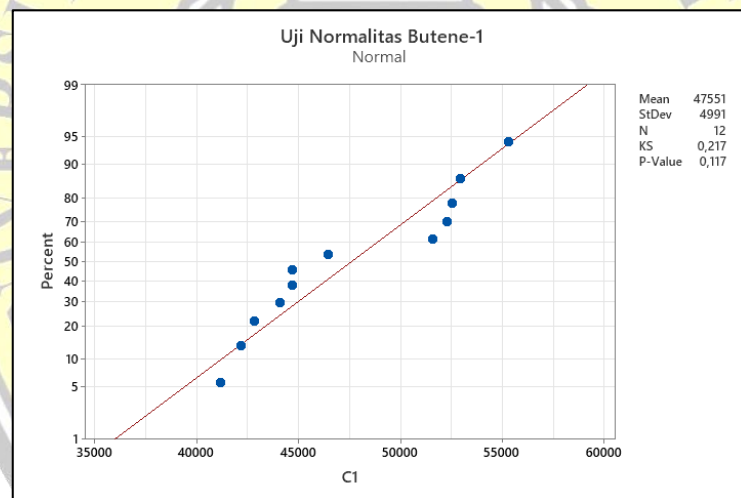
#### 4.2.2.7 Uji Normalitas Data

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  $\alpha$  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  $\alpha$  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  | $q_0^1$   | $\alpha$ | $Z(\alpha)$ | $r^1$      | $f(Z\alpha)$ | $\Psi(Z\alpha)$ | $N$     | $q_0^2$   | new. $\alpha$ | 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  | $qo^l$        | $\alpha$ | $Z(\alpha)$ | $r^l$          | $f(Z\alpha)$ | $\Psi(Z\alpha)$ | $N$         | $qo^2$         | new.<br>$\alpha$ | new.<br>$Z(\alpha)$ | $r^2$         |
| 1   | 7.890,<br>749 | 0,021    | 2,036       | 10.079,<br>670 | 0,050        | 0,008           | 94.5<br>54  | 11.565,<br>403 | 0,031            | 1,872               | 9.630,6<br>53 |
| 2   |               | 0,031    | 1,872       | 9.630,6<br>53  | 0,069        | 0,012           | 128.<br>519 | 12.626,<br>957 | 0,033            | 1,833               | 9.523,4<br>10 |
| 3   |               | 0,033    | 1,833       | 9.523,4<br>10  | 0,074        | 0,013           | 137.<br>756 | 12.900,<br>557 | 0,034            | 1,823               | 9.496,9<br>80 |
| 4   |               | 0,034    | 1,823       | 9.496,9<br>80  | 0,076        | 0,013           | 140.<br>101 | 12.969,<br>088 | 0,034            | 1,821               | 9.490,4<br>31 |
| 5   |               | 0,034    | 1,821       | 9.490,4<br>31  | 0,076        | 0,014           | 140.<br>686 | 12.986,<br>133 | 0,034            | 1,820               | 9.488,8<br>07 |
| 6   |               | 0,034    | 1,820       | 9.488,8<br>07  | 0,076        | 0,014           | 140.<br>832 | 12.990,<br>364 | 0,034            | 1,820               | 9.488,4<br>04 |
| 7   |               | 0,034    | 1,820       | 9.488,4<br>04  | 0,076        | 0,014           | 140.<br>868 | 12.991,<br>414 | 0,034            | 1,820               | 9.488,3<br>04 |
| 8   |               | 0,034    | 1,820       | 9.488,3<br>04  | 0,076        | 0,014           | 140.<br>877 | 12.991,<br>675 | 0,034            | 1,820               | 9.488,2<br>80 |
| 9   |               | 0,034    | 1,820       | 9.488,2<br>80  | 0,076        | 0,014           | 140.<br>879 | 12.991,<br>739 | 0,034            | 1,820               | 9.488,2<br>73 |
| 10  |               | 0,034    | 1,820       | 9.488,2<br>73  | 0,076        | 0,014           | 140.<br>879 | 12.991,<br>755 | 0,034            | 1,820               | 9.488,2<br>72 |
| 11  |               | 0,034    | 1,820       | 9.488,2<br>73  | 0,076        | 0,014           | 140.<br>879 | 12.991,<br>759 | 0,034            | 1,820               | 9.488,2<br>72 |
| 12  |               | 0,034    | 1,820       | 9.488,2<br>73  | 0,076        | 0,014           | 140.<br>879 | 12.991,<br>760 | 0,034            | 1,820               | 9.488,2<br>72 |
| 13  |               | 0,034    | 1,820       | 9.488,2<br>71  | 0,076        | 0,014           | 140.<br>879 | 12.991,<br>761 | 0,034            | 1,820               | 9.488,2<br>72 |
| 14  |               | 0,034    | 1,820       | 9.488,2<br>71  | 0,076        | 0,014           | 140.<br>879 | 12.991,<br>761 | 0,034            | 1,820               | 9.488,2<br>71 |

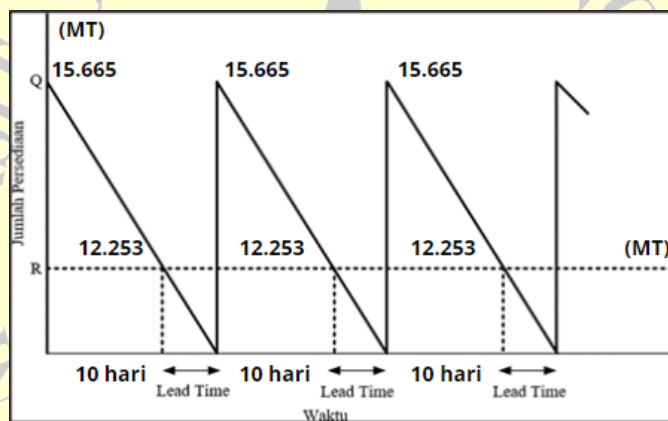
Berdasarkan tabel 12, dapat diketahui bahwa dalam hasil interpretasi model bahan baku *butene-1* memiliki iterasi sebanyak 14 iterasi. Hal tersebut dikarenakan tidak ada selisih nilai antara  $r^l$  dan  $r^2$  pada iterasi 14. Nilai  $qo^l$  pada interpretasi model bahan baku *butene-1* ialah 7.890,749.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

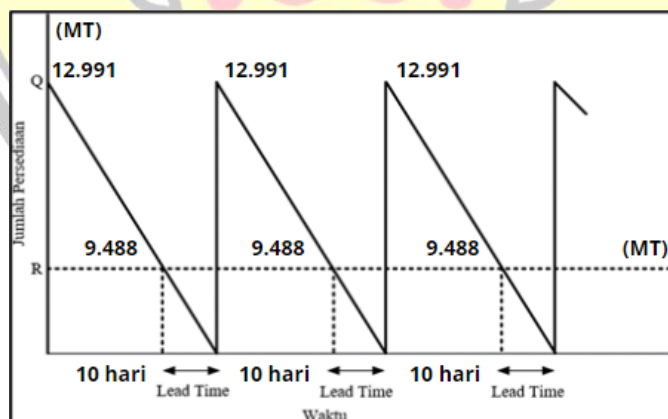
|  |                      |
|--|----------------------|
| <b>Qty Pemesanan</b>                   | 12.991,760 MT        |
| <b>Reorder Point</b>                   | 9.488,271 MT         |
| <b>Safety stock</b>                    | 4.986,636 MT         |
| <b>Tingkat Pelayanan</b>               | 99,49%               |
| <b>Ekspetasi Biaya Total per Tahun</b> | 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.

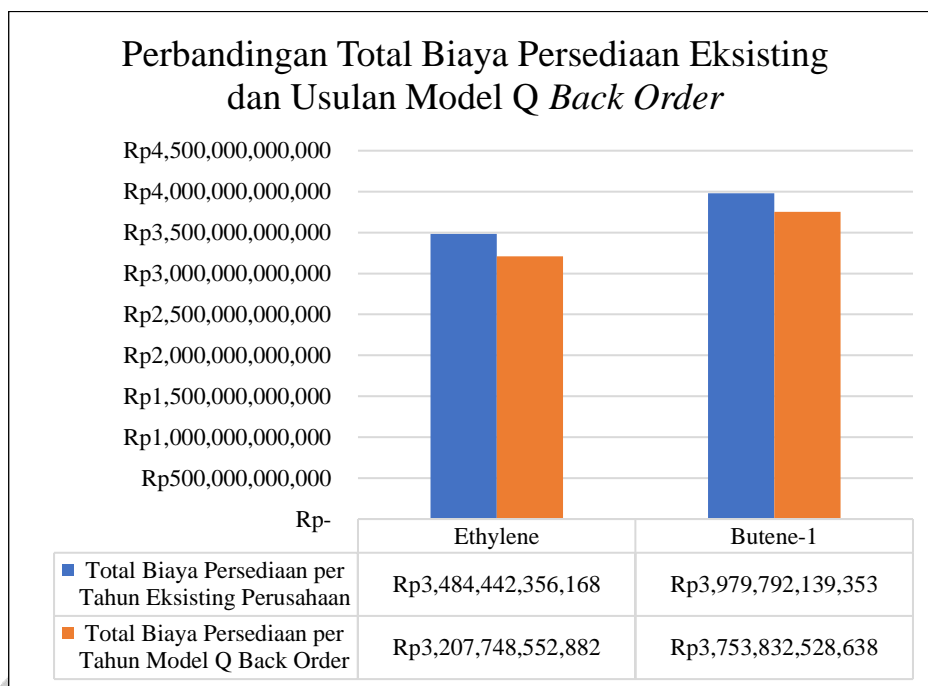
#### 4.2.4 Perbandingan Total Biaya Persediaan

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*:





#### 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 |

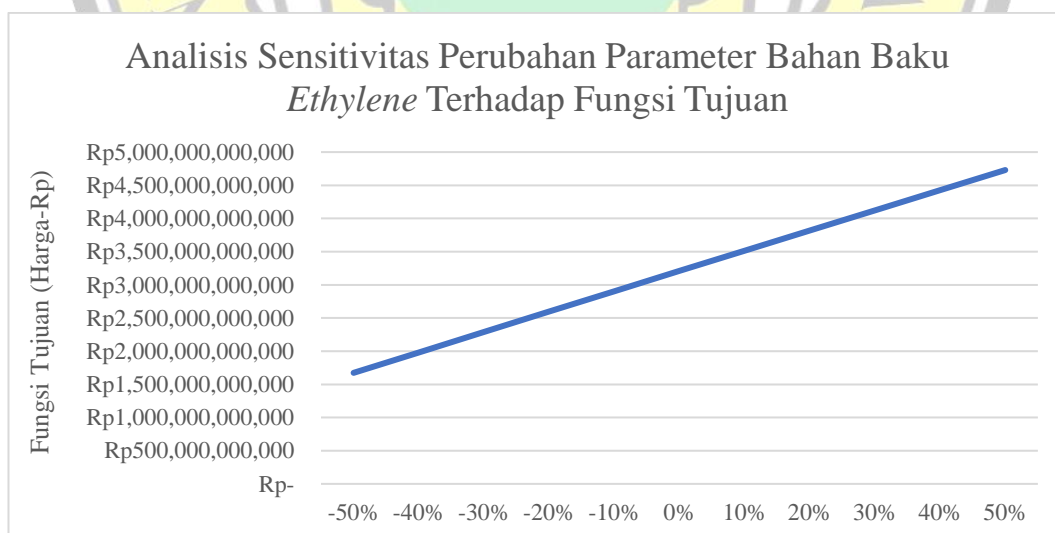
**Tabel 17. Uji Sensitivitas Model Terhadap Penurunan Nilai Demand Butene-1**

| 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 |

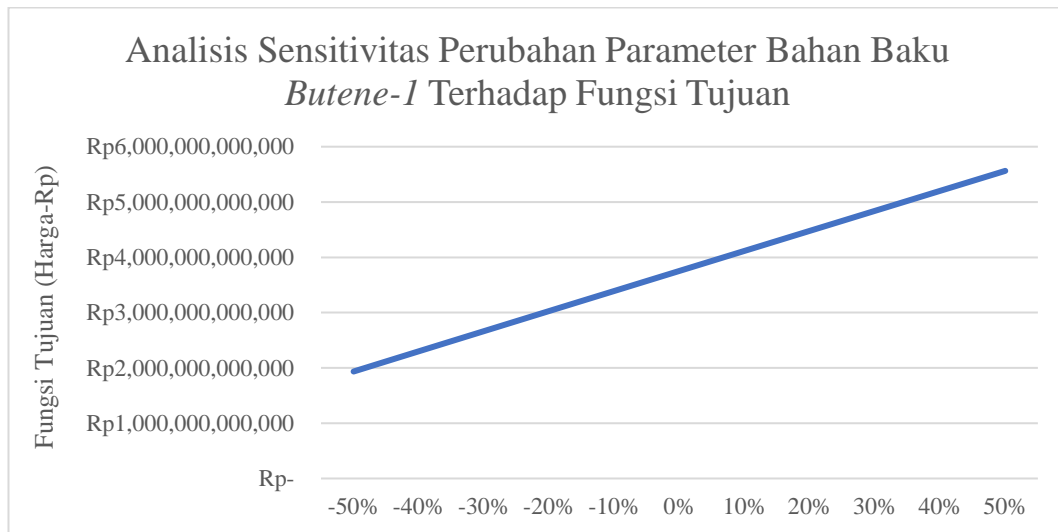
**Tabel 18. Uji Sensitivitas Model Terhadap Kenaikan Nilai Demand Butene-1**

| Skenario | Kenaikan Nilai Demand | Demand      | $qo^2$     | $r$        | $Ss$      | $Tp$   | 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.