4. PENGEMBANGAN MODEL DENGAN MEMPERHATIKAN *PURCHASING COST, QUANTITY DISCOUNT* PADA *DETERIORATING INVENTORY MODEL* DAN WAGNER WITHIN

4.1 *Deteriorating Inventory Model* dengan Biaya Pembelian

Deteriorating inventory model digunakan untuk mengetahui kapan melakukan pembelian dan berapa jumlah yang harus dibeli. TRC *(i,j)* dihitung dengan menjumlahkan biaya pemesanan, biaya simpan, dan biaya pemesanan. Biaya ini diperoleh dari biaya pemesanan, biaya simpan produk setiap periode yang sudah mempertimbangkan kerusakan yang terjadi (*deteriorating rate*), dan biaya pembelian seperti pada model (4.2). Biaya simpan diperoleh dari perkalian antara biaya simpan per produk dengan jumlah produk yang disimpan selama periode tersebut. Biaya pembelian diperoleh dari perkalian antara harga produk dengan jumlah produk yang dibeli. Perhitungan TRC saat periode $j = i$ memperhitungkan biaya pemesanan dan biaya pembelian seperti pada model (4.3) sebagai biaya. Persamaan (4.3) tidak memperhitungkan biaya simpan karena tidak ada persediaan yang disimpan.

Jumlah pembelian setiap periode dengan memperhatikan *deteriorating rate* dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$d_{ij} = \left(\sum_{x=i+1}^{j} \frac{d(x)}{(1-\theta)^{x-i}}\right) \qquad (4.1)$$

TRC *(i,j)* dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\mathrm{TRC}(i,j) = S + h \cdot \sum_{x=i+1}^{j} \sum_{y=i}^{x-1} \frac{d(x)}{(1-\theta)^{y-(i+1)}} + P \cdot d_{ij} \qquad \text{untuk } j > i \qquad (4.2)$$

$$\mathrm{TRC}(i,j) = S + P \cdot d_{ij} \qquad untuk\ j = i \qquad (4.3)$$

MNAPC (*i, j*) (*Modified Net Average Period Cost)* merupakan biaya rata-rata yang dikeluarkan untuk setiap periode selama periode *i* hingga periode *j*. MNAPC didapatkan dari TRC dibagi jumlah periode yang permintaannya tidak 0. Perhitungan untuk menentukan MNAPC ditunjukkan pada model (4.3).

$$\text{MNAPC}(i,j) = \frac{TRC(i,j)}{(j-i+1-z)} \quad (4.4)$$

dimana *z* merupakan jumlah periode yang memiliki permintaan yang nol.

Langkah-langkah perhitungan persamaan dengan mempertimbangkan biaya pembelian dijabarkan sebagai berikut:

1. Hitung model (4.1) untuk setiap kemungkinan yang terjadi.
2. Inisiasi *i=1*, *j=1*, hitunglah TRC berdasarkan model (4.3) dan Q(*t*)=0, untuk t=1,2,…,*n*.
3. Jika *j=n*, maka $Q(i) = \sum_{x=1}^{n} (d(x)/(1-\theta)^{x-i}$ dan langsung ke langkah 6; jika tidak maka *j=j+1* dan lanjutkan ke langkah 4.
4. Jika d(*j*) = 0, lanjutkan ke langkah 3; jika tidak, lanjutkan ke langkah 5.
5. Hitung MNAPC(*i*,*j*) menggunakan rumus (4.4) dan cari nilai *k* terbesar, $i \leq k < j$, d(*k*) > 0. Jika MNAPC (*i*,*j*) > MNAPC (*i*,*k*) atau MNAPC (*i*,*j*) = MNAPC (*i*,*k*) = S maka lanjutkan ke langkah 3.
6. Jika Q(*n*)=0, maka lanjutkan ke langkah 7; jika tidak cari *k* = max{*t* : *t* < *n*, Q(*t*) > 0 }
7. Hasil $Q(t)$, untuk $t = 1,2, \ldots, n$.

4.2 *Deteriorating Inventory Model with Quantity Unit Discount* (Model 1)

Model (4.2) kemudian dikembangkan dengan menambahkan *quantity discount* dimana TRC dihitung dengan memperhatikan biaya pemesanan, *holding* biaya simpan, dan biaya pembelian. Biaya pembelian memperoleh diskon atas jumlah produk yang dibeli sebanyak (1-Rr). Biaya simpan merupakan hasil perkalian antara *holding rate* dan biaya pembelian, sehingga biaya simpan juga mendapat diskon sesuai biaya pembelian. Modelnya menjadi:

$$\text{TRC}(i,j) = S + h(1-Rr)\left(\sum_{x=i-1}^{j} \sum_{y=i}^{x-1} \frac{d(x)}{(1-\theta)^{y-i+1}}\right) + P(1-Rr).dy \quad (4.5)$$

Notasi tambahan yang digunakan dalam rumus model yaitu:

d_A = Jumlah pembelian minimum untuk mendapatkan diskon yang lebih besar

Rr = Jumlah diskon yang diberikan pada *range r*

Permintaan dengan jumlah minimal untuk memperoleh diskon yang lebih besar ditunjukkan oleh model (4.6).

$$TRC(i,j,r+1) = S - h(1-R_{r\quad i})\left(\left(\sum_{x=i+1}^{j}\sum_{y=1}^{x-1}\frac{d(x)}{(1-\theta)^{x-i}}\right) + \left(\sum_{p=1}^{i-i}(d_A - dij)(1-\theta)^p\right)\right) - P(1-R_{r\quad i}).d_A \tag{4.6}$$

TRC dengan permintaan minimum untuk mendapatkan diskon yang lebih besar diperoleh dengan menjumlahkan biaya pemesanan, biaya simpan dimana biaya simpan terdiri dari jumlah permintaan setiap periode dan sisa produk yang disimpan selama beberapa periode dikalikan dengan biaya simpan untuk setiap produknya, dan juga biaya pembelian yang diperoleh dari harga pembelian yang sudah mendapat diskon dikalikan dengan jumlah produk yang dibeli.

Langkah-langkah perhitungan yang dilakukan dijabarkan dibawah ini:

1. Inisiasi *i=1*, *j=1*, MNAPC (*i, j, r*) = S + P.(1-Rr). d_{ij} dan hitung MNAPC jika membeli dengan jumlah minimal untuk mendapatkan diskon yang lebih besar, MNAPC (*i, j, r+1*) = S + P.(1-R_{r+1}). dA + h.(1-R_{r+1}). (d_A-d_{ij}) ,Q(*t*) = 0 untuk *t* = 1, 2, …., *n*; untuk *r* = 1, 2,…….,*f*. Jika MNAPC (*i, j, r*) > MNAPC (*i, j, r+1*), maka MNAPC awal adalah MNAPC (*i, j, r+1*), jika tidak maka MNAPC awal adalah MNAPC (*i, j, r*).
2. Hitung model (4.1) dan pilih diskon (1-Rr) sesuai dengan jumlah permintaan yang dilakukan.
3. Jika *j=n*, maka $Q(i) = \sum_{x=1}^{n}(d(x)/(1-\theta)^{x-i})$
   dan langsung ke langkah 6; jika tidak maka *j=j+1* dan lanjutkan ke langkah 4.
4. Jika d(*j*) = 0, lanjutkan ke langkah 3; jika tidak, lanjutkan ke langkah 5.
5. Hitung MNAPC (*i,j*) menggunakan rumus (4.4), kemudian bandingkan hasilnya dengan model (4.6). Jika MNAPC (*i, j, r*) > MNAPC (*i, j, r+1*), maka MNAPC (*i, j*) = MNAPC (*i, j, r+1*), jika tidak maka MNAPC (*i, j*) = MNAPC (*i, j, r*). Cari nilai *k* terbesar, *i≤k<j*, d(*k*) > 0. Jika MNAPC (*i,j*) > MNAPC (*i,k*) atau MNAPC (*i,j*) = MNAPC (*i,k*), maka MNAPC *(i, j)* = MNAPC *(i, k*).
   $Q(i) = \sum_{x=1}^{i-1}(d(x)/(1-\theta)^{x-i}), i = j$ dan lanjutkan ke langkah 3.
6. Jika Q(*n*)=0, maka lanjutkan ke langkah 7; jika tidak cari *k* = max{*t* : *t* < *n*, Q(*t*) > 0 }.

7. *Output* $Q(t)$, untuk $t = 1,2, \ldots, n$.

4.3 Wagner Within untuk *Deteriorating Item*

Wagner Within merupakan salah satu metode *lot sizing* yang optimal. Notasi tambahan yang digunakan adalah:

Q_{ce} = d_{ij}

Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Hitung model (4.1) untuk setiap kemungkinan pembelian yang terjadi dan jumlah pembelian sesuai *deteriorating rate* θ tertentu.
2. Melakukan perhitungan *variable cost* untuk setiap kemungkinan yang ada dengan perumusan yang digunakan:

$Z_{ce} = S + mP \sum_{i=c}^{e} (Q_{ce} - Q_{ci}) + P. Q_{ce}$ (4.7)

untuk $1 \leq c \leq e \leq N$, nilai Q_{ce} sesuai dengan langkah 1.

3. Menentukan f_e, untuk meminimumkan kemungkinan biaya pada periode 1 sampai periode *e*. Model dimulai dengan $f_0 = 0$ dengan model:

$f_e = \text{Min} (Z_{ce} + f_{c-1})$ untuk c = 1,2,….,e. (4.8)

4. Menentukan f_N, yang merupakan solusi optimal dengan menggunakan formula:

$f_N = Z_{wN} + f_{w-1}$ (4.9)

untuk N = 1,2,…..,*N*; w = 1,2,….,*N*

Variable cost diperoleh dengan menjumlahkan biaya pemesanan, biaya simpan, dan biaya pembelian. Model (4.7) diperoleh dengan mengembangkan model Wagner Within disertai biaya pembelian. Q_{ce} diperoleh dengan cara yang sama seperti d_{ij} yang dihitung berdasarkan model (4.1).

4.4 Wagner Within untuk *Deteriorating Item* dan *Quantity Discount*

Metode Wagner Within dikembangkan dengan memperhatikan *quantity discount*. Notasi tambahan yang digunakan:

Rr = Diskon yang diberikan sesuai unit yang dibeli pada *range r*

Q_A = Permintaan minimum untuk mendapatkan diskon yang lebih besar

$$Zce = S + (1 - Rr).m.P.\sum_{i=c}^{e} (Q_{ce} - Q_{ci}) + P.(1 - Rr).Q_{ce} ,$$

dimana $1 \leq c \leq e \leq N$ (4.10)

Z_{ce} merupakan *variable cost* yang terdiri dari biaya pemesanan, biaya simpan yang telah mendapatkan diskon dikalikan dengan jumlah produk yang disimpan, dan biaya pembelian yang sudah mendapatkan diskon dikalikan dengan jumlah produk yang dibeli. Pembelian dengan jumlah minimal untuk memperoleh diskon yang lebih besar ditunjukkan pada model (4.11).

$$Z_{ce+1} = C + (1 - R_{r+1}).m.P \sum_{i=c}^{e} (Q_A - Q_n) + P.(1 - R_{r-1}).Q_A \quad (4.11)$$

Q_A merupakan jumlah pembelian minimal untuk mendapatkan diskon yang lebih besar. Perhitungan biaya simpan yang sebelumnya hanya berdasarkan jumlah yang disimpan seharusnya digantikan dengan Q_A, karena pembelian yang dilakukan sekarang sejumlah Q_A.

Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Hitung model (4.1) dan pilih diskon sesuai dengan jumlah permintaan yang dilakukan.
2. Melakukan perhitungan *variable cost* dengan model (4.10).

Bandingkan hasil dengan pembelian minimum untuk mendapatkan diskon yang lebih besar menggunakan model (4.11). Jika Z_{ce} > nilai Z_{ce+1}, maka yang dipilih adalah Z_{ce+1}, jika tidak maka yang dipilih adalah Z_{ce}.

3. Menentukan f_e, untuk meminimumkan kemungkinan biaya pada periode 1 sampai periode *e*. Model dimulai dengan $f_0 = 0$ dengan formula:

$$f_e = \text{Min}\,(Z_{ce} + f_{c-1}) \qquad \text{untuk } c = 1,2,....,e. \quad (4.12)$$

4. Menentukan f_N, yang merupakan solusi optimal dengan menggunakan formula:

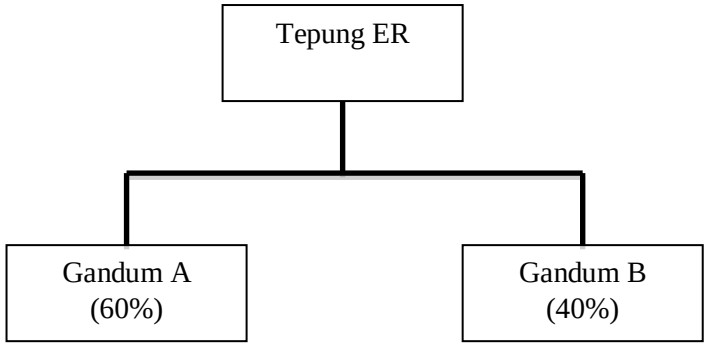
$$f_N = Z_{wN} + f_{w-1} \quad (4.13)$$

dimana $N = 1,2,....,N$; $w = 1,2,....,N$

4.5 Studi Kasus

Data yang digunakan adalah data yang sudah ada sebelumnya. Data diambil dari laporan Tugas Akhir mahasiswa Jurusan Teknik Industri Olivia (2003) mengenai permintaan tepung. Satuan yang digunakan untuk gandum adalah kg.

Sebuah perusahaan penghasil tepung jenis ER memerlukan bahan baku gandum jenis A dan gandum jenis B. *Bill of material* dari tepung jenis SR dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Bill of Material* Tepung ER

Pembuatan tepung ER memerlukan komposisi 60% gandum jenis A dan 40% gandum jenis B. Data permintaan tepung ER dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Permintaan Tepung ER dalam (1000kg)

Periode	1	2	3	4	5	6
Tepung ER	15930	14027,5	12823,75	13344,25	15119,75	16012,5

Tahap selanjutnya adalah membuat MRP untuk bahan baku dari pembuatan tepung ER. Bahan baku yang akan dihitung adalah gandum jenis A. Permintaan gandum jenis A dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Asumsi yang digunakan:

Harga Pembelian/kg : Rp.3.000,00

Biaya simpan/kg : Rp. 150,00

Biaya pemesanan/kali : Rp. 30.000.000,00

Deteriorating rate : 5%

Asumsi diskon akan diberikan sesuai dengan jumlah pembelian:

$\leq$ 19.999.999 = 0%

20.000.000-34.999.999 = 2%

35.000.000-49.999.999 = 5%

$\geq$ 50.000.000 = 7%

Biaya pembelian adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli gandum A setiap kilogram. Biaya simpan dihitung berdasarkan jumlah tiap kilogram yang disimpan setiap periodenya. Biaya pemesanan adalah biaya yang dikeluarkan untuk setiap kali pemesanan. *Deteriorating rate* sebanyak 5% menunjukkan adanya penyusutan jumlah sebanyak 5% untuk setiap periode.

Tabel 4.2 Permintaan Gandum Jenis A dalam (1000kg)

Periode	1	2	3	4	5	6
Gandum A	9558	8416,5	7694,25	8006,55	9071,85	9607,5

Data lain yang diperlukan akan dibangkitkan dan menggunakan *Microsoft Excel* sebagai media simulasi. Simulasi akan dilakukan terhadap perubahan *deteriorating rate* dan harga penyimpanan. Perhitungan terhadap Gandum A adalah sebagai berikut:

MNAPC awal = 30.000.000 + 9.558.000 (1)(3.000) = Rp. 28.704.000.000

atau dengan diskon yang lebih besar dihitung dengan,

MNAPC awal = 30.000.000 + 20.000.000 (0,98)(3000) + 150 (0,98)(20.000.000-9.558.000) =Rp. 60.364.947.000

MNAPC awal yang dipilih yang terkecil yaitu Rp. 28.704.000.000. MNAPC awal ini merupakan tolak ukur dari keputusan untuk melakukan pembelian.

- i=1, j=1, d(1)=9.558.000 kg

MNAPC (1,1) = Rp. 28.674.000.000

- i=1, j=2, d(1)=9.558.000 kg, d(2)=8.416.500 kg

Jumlah barang yang harus dibeli dengan memperhitungkan *deteriorating rate*:

$$d(1) + \frac{d(2)}{1-\theta} = 9.558.000 + \frac{8.416.500}{1-0,05} = 18.417.473,68 \cong 18.417.474\ kg$$

Jumlah barang yang dibeli tidak sesuai dengan jumlah permintaan, dikarenakan adanya pengaruh kerusakan sebanyak 5% untuk setiap periodenya.

Total Relevant Cost:

$$30.000.000 + 150\,(1)\left(\frac{8.416.500}{1-0,05}\right) + 3.000\,(1)(18.417.474)$$
$$= Rp.\,56.611.343.050$$

Diskon yang lebih besar diperoleh dengan pembelian 20.000.000 kg, kemudian menghitung TRC (1,2) dengan diskon yang lebih besar:

$$TRC\ (1,2) = 30.000.000 + 150\ (0.98)\left(\frac{8.416.500}{1-0,05}\right) + (20.000.000 - 18.417.474)(1-0,05)) + 3.000(0,98)(20.000.000) = Rp.60.353.342.432$$

TRC yang terpilih adalah TRC yang terkecil yaitu Rp. 56.611.343.050, kemudian menghitung MNAPC (1,2):

$$\text{MNAPC}\ (1,2) = \frac{56.611.343.050}{2} = Rp.28.305.671.530$$

MNAPC (1,2) < MNAPC (1,1), maka iterasi berlanjut. Rata-rata biaya yang dikeluarkan untuk 2 periode ini lebih kecil dari biaya MNAPC awal, sehingga iterasi dilanjutkan.

- i=1, j=3, d(1)=9.558.000 kg, d(2)=8.416.500 kg, d(3)=7.694.250 kg

Jumlah barang yang harus dibeli dengan memperhitungkan *deteriorating rate*:

- $d(1) + \frac{d(2)}{1-\theta} + \frac{d(3)}{(1-\theta)^2} = 9.558.000 + \frac{8.416.500}{1-0,05} + \frac{7.694.250}{(1-0,05)^2} =$
- $26.942.958,4 \cong 26.942.959\ kg$

Perhitungan TRC (1,3):

$$TRC\ (1,3) = 30.000.000 + 150\ (0,98)\left(\frac{8.416.500}{1-0,05} + \frac{7.694.250}{(1-0,05)^2} + \frac{7.694.250}{(1-0,05)}\right) + 3.000(0,98)(26.942.959) = Rp.82.988.470.679$$

atau dengan diskon yang lebih besar,

$$TRC\ (1,3) = 30.000.000 + 150\ (0,95)\left(\left(\frac{8.416.500}{1-0,05} + \frac{7.694.250}{(1-0,05)^2} + \frac{7.694.250}{(1-0,05)}\right) + (350.000.000 - 26.942.959)(1-0,05) + (350.000.000 - 26.942.959)(1-0,05)(1-0,05)\right) + 3.000(0,95)(350.000.000) = Rp.105.538.401.979$$

TRC yang dipilih adalah TRC terkecil yaitu 82.988.470.679, kemudian menghitung MNAPC (1,3).

$$\text{MNAPC}\ (1,3) = \frac{82.988.470.679}{3} = Rp.27.662.823.560$$

MNAPC (1,3) < MNAPC (1,2), maka iterasi dilanjutkan.

- i=1, j=4, d(1)=9.558.000 kg, d(2)=8.416.500 kg, d(3)= 7.694.250 kg, d(4)= 8.006.550 kg

Jumlah barang yang harus dibeli dengan memperhitungkan *deteriorating rate*:

- $d(1) + \frac{d(2)}{1-\theta} + \frac{d(3)}{(1-\theta)^2} + \frac{d(4)}{(1-\theta)^3} = 9.558.000 + \frac{8.416.500}{1-0,05} + \frac{7.694.250}{(1-0,05)^2} + \frac{8.006.550}{(1-0,05)^3} = 36.281.404,29 \cong 36.281.405\ kg$

Perhitungan TRC (1,4) adalah,

$$TRC\ (1,4) =$$

$$30.000.000 + 150\ (0,95)\left(\left(\frac{8.416.500}{1-0,05} + \frac{7.694.250}{(1-0,05)^2} + \frac{7.694.250}{(1-0,05)} + \frac{8.006.550}{1-(0,05)^3} + \frac{8.006.550}{(1-0,05)^2} + \frac{8.006.550}{(1-0,05)}\right)\right) + 3.000(0,95)(36.281.405) = Rp.110.859.399.432$$

atau dengan diskon yang lebih besar,

$$TRC\ (1,4) =$$

$$30.000.000 + 150(0,93)\left(\left(\frac{8.416.500}{1-0,05} + \frac{7.694.250}{(1-0,05)^2} + \frac{7.694.250}{(1-0,05)} + \frac{8.006.550}{(1-0,05)^3} + \frac{8.006.550}{(1-0,05)^2} + \frac{8.006.550}{(1-0,05)}\right) + (50.000.000 - 36.281.405)(1-0,05) + (50.000.000 - 36.281.405)(1-0,05)(1-0,05) + (50.000.000 - 36.281.405)(1-0,05)(1-0,05)(1-0,05)\right) + 3.000(0,93)(50.000.000) = Rp.151.987.038.257$$

TRC yang dipilih adalah TRC terkecil yaitu Rp. 110.859.399.432, kemudian hitung MNAPC (1,4).

$$\text{MNAPC}\ (1,4) = \frac{110.859.399.432}{4} = Rp.27.714.849.858$$

MNAPC (1,4) > MNAPC (1,3), maka iterasi berhenti. Pembelian pada periode 1 hanya memenuhi sampai permintaan periode 3 saja.

- i=4, j=4, d(1)=8.006.550 kg

MNAPC (4,4) = 30.000.000 + 8.006.550(1)(3.000) = Rp. 24.049.650.000

atau dengan diskon yang lebih besar dihitung dengan,

MNAPC (4,4) = 30.000.000 + 20.000.000 (0,98)(3.000) + 150 (0,98)(20.000.000-8.006.550) =Rp. 60.593.037.150

MNAPC (4,4) yang dipilih yang terkecil yaitu Rp. 24.049.650.000

- i=4, j=5, d(4)=8.006.550 kg, d(5)=9.071.850 kg

Jumlah barang yang harus dibeli dengan memperhitungkan *deteriorating rate*:

- $d(4) + \frac{d(5)}{1-\theta} = 8.006.550 + \frac{9.071.850}{1-0,05} = 17.555.865,79 \cong 17.555.866\ kg$

  $$TRC\ (4,5) = 30.000.000 + 150\ (1)\left(\frac{9.071.850}{1-0,05}\right) + 3.000(1)(17.555.866) = Rp.54.129.994.737$$

  diskon yang lebih besar diperoleh dengan pembelian 20.000.000 kg, perhitungan TRC (4,5) dengan diskon yang lebih besar:

  $$TRC\ (4,5) = 30.000.000 + 150\ (0,98)\left(\left(\frac{9.071.850}{1-0,05}\right) + (20.000.000 - 17.555.866)(1-0,05)\right) + 3.000\ (0,98)20.000.000 = Rp.60.575.072.764$$

TRC (4,5) yang dipilih adalah yang terkecil yaitu Rp. 54.129.994.737, kemudian hitung MNAPC (4,5).

$$\text{MNAPC}\ (4,5) = \frac{54.129.994.737}{2} = Rp.27.064.997.368$$

MNAPC (4,5) > MNAPC (4,4), maka iterasi berhenti. Pembelian pada periode 4 hanya untuk memenuhi permintaan pada periode 4 saja.

- i=5, j=5, d(5)=9.071.850 kg

MNAPC (5,5) = 30.000.000 + 9.071.850 (1) 3.000 = Rp. 27.245.550.000

atau dengan diskon yang lebih besar dihitung dengan,

MNAPC (5,5) = 30.000.000 + 20.000.000 (0,98)(3.000) + 150 (0,98)(20.000.000-9.071.850) =Rp. 60.436.438.050

MNAPC (5,5) yang dipilih yang terkecil yaitu Rp. 27.245.550.000

- i=5, j=6, d(5)=9.071.850 kg, d(6)=9.607.500 kg

Jumlah barang yang harus dibeli dengan memperhitungkan *deteriorating rate*:

- $d(5) + \frac{d(6)}{1-\theta} = 9.071.850 + \frac{9.607.500}{1-0,05} = 19.185.007,89 \cong 19.185.008\ kg$

$$TRC\ (5,6) = 30.000.000 + 150\ (1)\left(\frac{9.607.500}{1-0,05}\right) + 3.000(1)19.185.008$$
$$= Rp.59.101.997.368$$

diskon yang lebih besar diperoleh dengan pembelian 20.000.000 kg, perhitungan TRC (5,6) dengan diskon yang lebih besar:

$$TRC\ (5,6) =$$
$$30.000.000 + 150\ (0,98)\left(\left(\frac{9.607.500}{1-0,05}\right) + (20.000.000 - 19.185.008)(1-0,05)\right)$$
$$+ 3.000(0,98)20.000.000 = Rp.60.430.447.858$$

TRC (5,6) yang terpilih adalah yang terkecil yaitu Rp. 59.101.997.368, kemudian menghitung MNAPC (5,6).

$$\text{MNAPC}\ (5,6) = \frac{59.101.997.368}{2} = Rp.29.550.998.684$$

MNAPC (5,6) > MNAPC (5,5), maka iterasi berhenti. Pembelian pada periode 5 hanya untuk memenuhi permintaan pada periode 5 saja.

- i=6, j=6, d(6)=9.607.500 kg

MNAPC (6,6) = 30.000.000 +9.607.500 (1)(3.000) = Rp. 28.852.500.000

atau dengan diskon yang lebih besar dihitung dengan,

MNAPC (6,6) = 30.000.000 + 20.000.000 (0,98)(3.000) + 150(0,98)(20.000.000-9.607.500) =Rp. 60.357.697.500

MNAPC (6,6) yang dipilih yang terkecil yaitu Rp. 28.852.500.000

Kesimpulan yang diperoleh adalah pembelian dilakukan pada periode 1, 4, 5, 6.

4.6 Verifikasi

Hasil perhitungan terhadap gandum A dengan 4 model ditunjukkan pada Tabel 4.3 sampai Tabel 4.6 dengan jumlah permintaan gandum A sesuai pada Tabel 4.2.

Asumsi yang digunakan:

Harga/kg : Rp.3.000,00

Biaya simpan/kg : Rp. 150,00

Biaya pemesanan : Rp. 30.000.000,00

Deteriorating rate : 5%

Asumsi diskon akan diberikan sesuai dengan pembelian:

≤ 19.999.999 = 0%

20.000.000-34.999.999 = 2%

35.000.000-49.999.999 = 5%

≥ 50.000.000 = 7%

Tabel 4.3 Produk Gandum A dengan Model *Decay Inventory*

Periode	1	2	3	4	5	6
Permintaan	9558000	8416500	7694250	8006550	9071850	9607500
Projected on Hand	17384958	8525484	0	0	0	0
Plan Order Release	26942958	0	0	8006550	9071850	9607500
Plan Order Receipt	26942958	0	0	8006550	9071850	9607500
Decay		442973	831234	0	0	0

Hasil yang diperoleh dengan model *decay inventory* adalah dengan jumlah penyimpanan 25910443 dan total biaya yang dikeluarkan Rp. 164.829.200.693. Keputusan pembelian dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.4 Produk Gandum A dengan Model

Decay Inventory with Quantity Unit Discount

Periode	1	2	3	4	5	6
Permintaan	9558000	8416500	7694250	8006550	9071850	9607500
Projected on Hand	17384958	8525484	0	0	0	0
Plan Order Release	26942958	0	0	8006550	9071850	9607500
Plan Order Receipt	26942958	0	0	8006550	9071850	9607500
Decay		442973	831234	0	0	0

Hasil yang diperoleh dengan model 1 adalah dengan jumlah penyimpanan 25910443 dan total biaya yang dikeluarkan Rp.163.136.170.679. Keputusan pembelian dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.5 Produk Gandum A dengan Model Wagner Within

Periode	1	2	3	4	5	6
Permintaan	9558000	8416500	7694250	8006550	9071850	9607500
Projected on Hand	0	0	0	0	0	0
Plan Order Release	26942958	8416500	7694250	8006550	9071850	9607500
Plan Order Receipt	26942958	8416500	7964250	8006550	9071850	9607500
Decay		0	0	0	0	0

Hasil yang diperoleh dengan model Wagner Within adalah dengan jumlah penyimpanan 0 dan total biaya yang dikeluarkan Rp. 157.243.950.000. Keputusan pembelian dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.6 Produk Gandum A dengan Model

Wagner Within with Quantity Discount

Periode	1	2	3	4	5	6
Permintaan	9558000	8416500	7694250	8006550	9071850	9607500
Projected on Hand	0	0	0	0	0	0
Plan Order Release	26942958	8416500	7694250	8006550	9071850	9607500
Plan Order Receipt	26942958	8416500	7964250	8006550	9071850	9607500
Decay		0	0	0	0	0

Hasil yang diperoleh melalui model Wagner Within dengan diskon adalah dengan jumlah penyimpanan 0 dan total biaya yang dikeluarkan Rp. 157.243.950.000. Keputusan pembelian dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Hasil analisis sensitivitas dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8. Analisis sensitivitas diuji dengan melakukan perubahan pada biaya simpan dan *deteriorating rate*. Perbandingan dilakukan terhadap pengembangan model Wagner Within (WW) dengan pengembangan model 1 yang memperhatikan biaya pembelian.

Tabel 4.7 Analisis Sensitivitas terhadap Model 1

Biaya Pemesanan	Biaya Simpan	Biaya Pembelian	*Deterorating Rate*	Pembelian (kg)						Total Biaya (Rp.)
				1	2	3	4	5	6	
30000000	150	3000	5%	26942958	0	0	8006550	9071850	9607500	163.136.170.679
30000000	75	3000	4%	35723631	0	0	0	9071850	9607500	161.588.991.564
30000000	50	3000	3%	35184985	0	0	0	9071850	9607500	158.795.592.169
30000000	30	3000	2%	35000000	0	0	0	8736440	9607500	157.315.333.842
30000000	25	3000	2%	35000000	0	0	0	8742740	9607500	156.088.456.535

Tabel 4.8 Analisis Sensitivitas terhadap Model Wagner Within

Biaya Pemesanan	Biaya Simpan	Biaya Pembelian	*Deterorating Rate*	Pembelian (kg)						Total Biaya (Rp.)
				1	2	3	4	5	6	
30000000	150	3000	5%	9558000	8416500	7694250	8006550	9071850	9607500	157.243.950.000
30000000	75	3000	4%	9558000	8416500	7694250	8006550	9071850	9607500	157.243.950.000
30000000	50	3000	3%	9558000	8416500	7694250	8006550	9071850	9607500	157.243.950.000
30000000	30	3000	2%	9558000	8416500	35517907	0	0	0	156.883.562.906
30000000	30	3000	1%	53708231	0	0	0	0	0	153.705.140.337

Berdasarkan analisis sensitivitas yang ditunjukkan pada Tabel 4.7, model 1 tidak sensitif terhadap perubahan biaya simpan dan *deteriorating rate*. Hal ini ditunjukkan bahwa pembelian cenderung pada periode yang sama yaitu periode 1, 5 dan 6. Pengembangan model Wagner Within yang ditunjukkan oleh Tabel 4.8 lebih sensitif terhadap perubahan harga. Periode pembelian berubah ketika terjadi perubahan terhadap biaya simpan dan *deteriorating rate*. Biaya yang dihasilkan semakin kecil ketika biaya simpan dan *deteriorating rate* menurun. Model 1 jika *deteriorating rate* kecil, maka pembelian yang dilakukan cenderung menyimpan barang untuk memenuhi periode selanjutnya dan berhenti pada periode yang jumlah permintaannya meningkat dari permintaan sebelumnya. Analisis sensitivitas ini menunjukkan bahwa pengembangan model 1 tidak sensitif dibandingkan dengan pengembangan model Wagner Within terhadap perubahan biaya.

Model *deteriorating inventory with quantity discount* yang digunakan pada penelitian ini mempertimbangkan biaya pembelian. Hasil yang diperoleh menunjukkan suatu pola tertentu dimana keputusan pembelian dilakukan pada periode yang jumlah permintaan besar sampai periode selanjutnya yang jumlah permintaannya lebih sedikit dibandingkan permintaan yang besar tersebut. Pola ini menunjukkan bahwa jumlah permintaan produk akan sangat berpengaruh terhadap keputusan periode pembelian.

4.7 Analisa Model 1

Analisa terhadap model 1 diperlukan untuk memperlihatkan perbedaan hasil antara model 1 dengan Wagner Within yang telah dikembangkan dengan memperhatikan diskon dan biaya pembelian. Data-data dibangkitkan sebanyak 50 kali dengan kondisi jumlah permintaan antara jumlah terkecil sampai jumlah terbesar dari permintaan awal gandum A, biaya $\pm$ 20% dari biaya awal, dan *deteriorating rate* antara 1% hingga 10%. Data-data yang dibangkitkan adalah sebagai berikut:

Biaya Pemesanan : Rp. 24.000.000 – Rp. 36.000.000

Biaya Simpan : Rp. 120 – Rp. 180

Biaya Pembelian : Rp. 2.400 – Rp. 3.600

Deteriorating Rate : 1% - 10%

Jumlah Permintaan : 7.694.250 kg – 9.607.500 kg

Biaya pemesanan adalah biaya yang dikeluarkan untuk setiap kali pemesanan. Biaya pembelian adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli gandum A setiap kilogram. Biaya simpan dihitung berdasarkan jumlah tiap kilogram yang disimpan setiap periodenya. *Deteriorating rate* sebanyak 1%-10% menunjukkan adanya penyusutan jumlah sebanyak 1%-10% untuk setiap periode.

Asumsi diskon akan diberikan sesuai dengan jumlah pembelian sebagai berikut:

≤ 19.999.999 = 0%

20.000.000-34.999.999 = 2%

35.000.000-49.999.999 = 5%

≥ 50.000.000 = 7%

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil yang diperoleh antara biaya dengan model 1 hasilnya lebih besar dibandingkan Wagner Within dengan diskon pada *deteriorating item*. Berdasarkan pembangkitan data sebanyak 50 kali, rata-rata hasil perhitungan dengan model 1 lebih besar 1,5% di bandingkan dengan Wagner Within. Nilai maksimum perbedaannya adalah 5% pada kasus ke-14. Kasus ke-14 datanya adalah biaya pemesanan Rp.28.483.586, biaya simpan Rp. 172, biaya pembelian Rp. 2.534, *deteriorating rate* 3%, pembelian dari periode 1 sampai periode 6 berturut-turut adalah 9.189.529 kg, 7.812.372 kg, 9.498.966 kg, 7.799.910 kg, 7.967.460 kg, dan 8.890.670 kg. Perhitungan biaya yang dihasilkan menggunakan model 1 adalah Rp. 136.448.320.748, sedangkan dengan model Wagner Within Rp. 129.807.571.854.

Keputusan pembelian pada kasus ke-14 dengan model 1 adalah pembelian dilakukan pada periode 1, 3, dan 6, sedangkan pada model Wagner Within yang mempertimbangkan biaya pembelian adalah pembelian dilakukan pada periode 1, 2, 3, 4, 5, 6. Keputusan pada model 1 cenderung melakukan pembelian dengan biaya rata-rata lebih murah daripada periode sebelumnya. Hal ini terlihat pada periode 1 dan 3, model ini membeli untuk memenuhi permintaan sampai periode selanjutnya yang jumlah permintaannya rata-rata lebih kecil. Jumlah permintaan pada periode 1 lebih besar dari periode 2, permintaan periode

3 lebih besar dari periode 4 dan 5, sehingga rata-rata biaya yang dikeluarkan lebih kecil. Inilah penyebab biaya yang dikeluarkan menjadi lebih besar dibandingkan Wagner Within yang telah dikembangkan dengan biaya pembelian. Model Wagner Within memutuskan untuk melakukan pembelian berdasarkan biaya kumulatif yang paling kecil, sehingga tidak ada batasan seperti yang terdapat pada model 1. Keputusan pembelian model 1 sangat dipengaruhi oleh jumlah produk yang dibeli. Model 1 menjadi sangat sensitif terhadap jumlah permintaan dan mempunyai pola yang tertentu. Pola tersebut adalah pemesanan dilakukan pada periode yang jumlah permintaannya lebih besar sampai menutupi periode yang jumlah permintaannya lebih kecil daripada periode yang jumlah permintaan besar tersebut. Pengembangan selanjutnya adalah dengan cara mengabaikan biaya pembelian dan menambahkan biaya penghematan terhadap model untuk melihat perbedaan dan menghasilkan biaya yang lebih rendah.