

Pengembangan Produk *Multi-Item* untuk Model Inventaris EOQ dengan Kualitas Barang Tidak Sempurna

Melviani Karolin Kamaralo¹, Fariz Affandi Harahap¹, Dwitra Harkinata¹, Yosi Agustina Hidayat¹

¹⁾ Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Logistik,
Institut Teknologi Bandung Laboratorium Teknik III/ Gedung Matthias Aroef,
Jl. Ganesha 10, Coblong, Bandung, 40132, Indonesia

ABSTRAK

Persaingan bisnis yang kompetitif mendorong perusahaan manufaktur untuk memproduksi barang berkualitas. Namun, perusahaan sering kali menerima bahan baku yang tidak sesuai standar produksi. Bahan baku tidak sempurna tersebut disebabkan oleh berbagai faktor seperti proses pengiriman yang tidak sesuai, rusak, human error, dll. Hal ini akan berdampak pada kekurangan bahan baku pada proses produksi sehingga diperlukan pemesanan ulang untuk memenuhi kebutuhan produksi. Tujuan penelitian dari ini adalah mengembangkan model formulasi untuk menentukan waktu interval pemesanan, ukuran lot pemesanan yang optimal, dan total profit ketika perusahaan memiliki lebih dari satu bahan baku dari satu pemasok dengan mempertimbangkan adanya barang cacat. Pada penelitian dilakukan pengolahan data dengan cara melakukan penurunan formula EOQ dari model acuan penelitian sebelumnya mengenai kebijakan inventori single item dengan adanya produk cacat menjadi kebijakan inventori multi-item dengan adanya produk cacat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model multi-item menghasilkan total profit lebih besar 1,5 kali dibandingkan single item (\$51.307 > \$34.064)/unit/tahun. Selain itu, waktu interval pemesanan multi-item sebesar 52,1 hari lebih lama dibandingkan single item yang hanya 10 hari. Terakhir, ukuran lot pemesanan multi-item lebih besar. Pemesanan bahan baku secara bersamaan mengurangi biaya pemesanan dan penyimpanan sehingga model multi-item lebih efisien dan menghasilkan keuntungan lebih besar dibandingkan model single item.

Kata kunci: EOQ, single item, multi-item, total profit, waktu interval pemesanan, ukuran lot pemesanan

ABSTRACT

The competitive business environment encourages manufacturing companies to produce high-quality goods. However, companies often receive raw materials that do not meet production standards. These imperfect raw materials are caused by various factors such as improper shipping processes, damage, human error, and so on. This leads to a shortage of raw materials during the production process, necessitating reordering to meet production needs. The objective of this research is to develop a formulation model to determine the optimal ordering time intervals, order lot sizes, and total profit when a company has more than one raw material from a single supplier while considering the presence of defective goods. The research processes data by deriving the EOQ formula from a previous study model on single-item inventory policy with defective products, extending it to a multi-item inventory policy with defective products. The results show that the multi-item model generates 1.5 times higher total profit compared to the single-item model (\$51,307 vs. \$34,064 per unit per year). In addition, the ordering interval for the multi-item model is 52.1 days longer compared to the single-item model, which only has a 10-day interval. Finally, the multi-item model involves larger order lot sizes. Ordering raw materials simultaneously reduces ordering and holding costs, making the multi-item model more efficient and yielding higher profits than the single-item model.

Keywords: EOQ, single item, multi-item, total profit, order interval time, order lot size

1. Pendahuluan

Persaingan bisnis yang kompetitif mendorong perusahaan manufaktur untuk memproduksi barang berkualitas tinggi untuk menarik minat konsumen. Peningkatan kualitas barang ini berbanding lurus dengan peningkatan persaingan antar perusahaan manufaktur. Permasalahan yang dihadapi oleh hampir semua perusahaan yaitu kualitas bahan baku dari *supplier* yang seringkali tidak sesuai standar produksi. Bahan baku yang tidak sesuai standar dikenal dengan *imperfect item*. *Imperfect item* dapat terjadi selama proses produksi, penyimpanan, atau pengiriman. Kondisi *imperfect item* menjadi aspek penting yang perlu diperhitungkan untuk memberikan gambaran yang akurat tentang kondisi inventaris. Hal ini akan berdampak pada kekurangan bahan baku pada

*Email corresponding author: farizaffandii@gmail.com

proses produksi sehingga diperlukan pemesanan ulang untuk memenuhi kebutuhan produksi (Roy et al., 2011; Wahab & Jaber, 2010).

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian serupa yang membahas *reorder point* untuk beberapa kasus pada inventori deterministik *single item* dengan adanya *imperfect items* oleh (Eroglu & Ozdemir, 2007; Nobil et al., 2020). Meskipun demikian, model tersebut memiliki keterbatasan, yaitu hanya berfokus pada satu jenis produk atau bahan baku dalam sistem inventori. Padahal, kenyataannya banyak perusahaan manufaktur yang mengelola lebih dari satu jenis bahan baku dari satu pemasok dalam proses produksinya (Maddah & Jaber, 2008a). Perlu diketahui inventori *multi-item* merupakan suatu keadaan ketika perusahaan memiliki lebih dari satu bahan baku dari satu pemasok. Penelitian yang ada belum secara mendalam membahas bagaimana kebijakan inventori dapat diterapkan pada situasi *multi-item* yang melibatkan berbagai jenis bahan baku, masing-masing dengan karakteristik *imperfect item*. Hal ini menunjukkan pentingnya pengembangan lebih lanjut dari model *single item* ke *multi-item* untuk meningkatkan efisiensi manajemen inventori.

Pada penelitian ini peneliti melakukan pengembangan model formula dari penelitian sebelumnya berlandaskan khaidah EOQ model Wilson untuk penentuan kebijakan inventori deterministik *multi-item* dengan adanya *imperfect items*. Pengembangan model kebijakan inventori tersebut meliputi penentuan waktu interval antar pemesanan, ukuran lot pemesanan yang optimal guna memaksimalkan total profit.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menentukan perhitungan model formulasi waktu interval pemesanan, ukuran lot pemesanan yang optimum, dan total profit ketika suatu perusahaan dihadapkan pada inventori *multi-item* dengan adanya *imperfect items*. Selain itu, penelitian ini juga membandingkan kebijakan inventori *single item* dengan adanya *imperfect items* dan *multi-item* dengan adanya *imperfect items*, dengan harapan dapat memberikan kontribusi dalam menciptakan kebijakan inventori yang lebih efisien dan menguntungkan dalam konteks *multi-item*.

2. Metode Penelitian

Model persediaan yang sederhana mengasumsikan bahwa pesanan dapat langsung diterima. Dengan kata lain, pelaku usaha atau perusahaan dapat memesan ketika bahan baku sudah habis. Namun pada kenyataannya terdapat masa tenggang atau waktu tunggu pesanan atau yang biasa disebut *lead time*. Waktu ini dapat terjadi dengan sangat bervariasi. Oleh karena itu perusahaan biasanya membuat keputusan kapan perusahaan akan memesan bahan baku yang biasanya disebut *reorder point*.

Metode EOQ pada Model Acuan

Berdasarkan pada jurnal acuan dengan judul “*Reorder Point for The EOQ Inventory Model with Imperfect Quality Item*” merupakan jurnal berkelanjutan dari beberapa jurnal sebelumnya terkait “*Economic Order Quantity for item with Imperfect Quality*” di tahun 2000 dan 2008 (Maddah & Jaber, 2008b). Dimana pada penelitian tersebut berfokus pada perhitungan total lot yang optimum serta penentuan *reorder point* atau titik pemesanan ulang dengan mempertimbangkan kualitas barang produksi perusahaan dan juga memiliki beberapa variansi waktu tunggu (*lead time*) yang beragam dimulai dari kedatangan dengan distribusi normal sampai dengan kedatangan seragam (*uniform*). Berikut adalah beberapa variansi *leadtime* dan penambahan waktu inspeksi ketika barang atau produk yang dipesan dari *supplier* diterima dan diinspeksi terlebih dahulu (Salameh & Jaber, 2000).

Case 1: $L < T$ dan $L - mT \leq T - \lambda$;

Pada *case 1* kondisi ketika *lead time* lebih kecil daripada waktu selang interval yang dimana pemesanan barang akan dilakukan sebelum barang atau produk habis dengan tingkat inventornya pada saat $(T-L)$ setelah barang tiba.

Case 2: $L \geq T$ dan $L - mT \leq T - \lambda$;

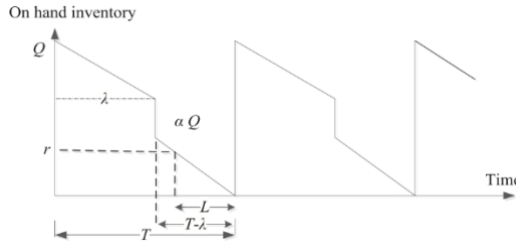
Pada *case 2* kondisi ketika *lead time* lebih besar daripada waktu selang interval yang dimana waktu pemesanan ulang dijadikan *stock on position* bukan sebagai *stock on hand* sehingga pemesanan barang harus dikurangi dengan ekspektasi jumlah produk yang gagal (*imperfect quality item*).

Case 3: $L < T$ and $L - mT > T - \lambda$;

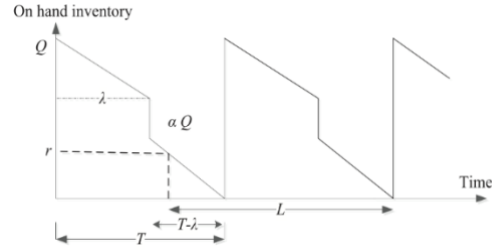
Pada *case 3* kondisi ketika *lead time* lebih kecil daripada waktu selang interval tetapi lebih besar daripada waktu inspeksi yang dimana pemesanan barang akan dilakukan sebelum barang atau produk habis dengan tingkat inventornya pada saat $(T-L)$ setelah barang tiba dengan menjumlahkan waktu yang diperlukan untuk inspeksi barang yang sudah dapat di proses (*perfect quality item*).

Case 4: $L \geq T$ and $L - mT > T - \lambda$:

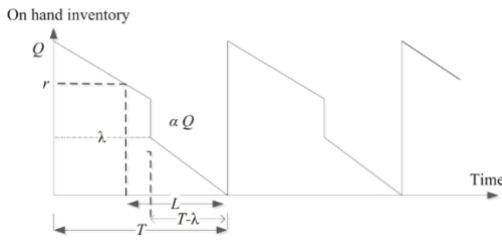
Pada *case 4* kondisi ketika *lead time* lebih besar daripada waktu selang interval dan lebih besar juga daripada waktu inspeksi yang dimana waktu pemesanan ulang dijadikan *stock on position* bukan sebagai *stock on hand* sehingga diperlukan jumlah waktu inspeksi untuk barang secara keseluruhan (*imperfect dan perfect quality item*).



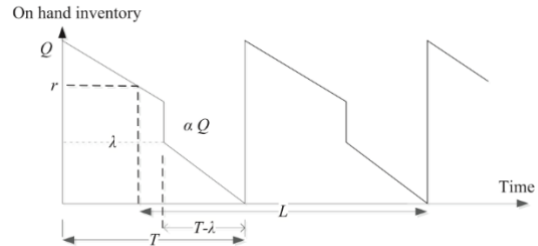
Gambar 1. Case 1



Gambar 2. Case 2



Gambar 3. Case 3



Gambar 4. Case 4

(Nobil et al., 2020) menyatakan pada jurnal penelitiannya memberikan beberapa asumsi dan kriteria sebagai berikut.

- Barang yang dikirim memerlukan waktu inspeksi ketika di terima, dikarenakan adanya peluang barang yang diterima datang dengan kondisi yang tidak sesuai.
- Sistem memiliki rasio pemeriksaan (x) untuk barang yang diterima, rasio ini lebih besar atau sama dengan tingkat permintaan (D), yaitu $x \geq D$.
- Barang dengan kualitas *imperfect* atau gagal dapat dijual dalam batch lain dengan harga yang lebih rendah.
- Setiap ukuran lot yang mengandung sebagian kecil *imperfect* item dapat menggunakan fungsi kepadatan probabilitas yang diketahui.

Menurut perumusan total profit (Salameh et al., 2000) didapatkan rumus total *profit* secara keseluruhan case pada *reorder point* adalah sebagai berikut.

$$TP(Q) = SQ(1-\alpha) + vQ\alpha - \left(k + CQ + dQ + h \left(\frac{(Q(1-\alpha))^2}{2D} + \frac{\alpha Q^2}{x} \right) \right) \quad (1)$$

Dengan penentuan ukuran lot pemesanan yang optimal didapatkan dari penurunan total profit secara parsial terhadap Q dan waktu interval (T) per *cycle* sebagai berikut.

$$E[TPU(Q)] = \frac{E[TP(Q)]}{E[T]} = \frac{[s(1-E(\alpha)) + VE(\alpha) - c - d]D - \frac{DK}{Q} - h \left(E(1-\alpha)^2 + \frac{2DE(\alpha)}{x} \right)}{1-E(\alpha)} \quad (2)$$

Didapatkan ukuran lot optimal adalah sebagai berikut.

$$Q = \sqrt{\frac{2kD}{h(E[(1-\alpha)^2] + 2DE(\alpha)/x)}} \quad (3)$$

Dengan notasi parameter dan variabel dari model jurnal acuan pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Notasi parameter dan variabel model acuan

| Notasi | Definisi | Satuan |
|---------------|---|---------------|
| λ | Waktu inspeksi Ketika barang diterima | Tahun |
| D | Total Demand | Unit/Tahun |
| Q | Kuantitas Optimal | Unit/Tahun |
| L | Waktu Ancang-ancang | Tahun |
| $E(\alpha)$ | Ekspektasi jumlah barang <i>imperfect</i> | - |
| $E(1-\alpha)$ | Ekspektasi jumlah barang <i>perfect</i> | - |
| d | Biaya Pemeriksaan | \$/Unit |
| h | Biaya Simpan | \$/Unit/Tahun |
| c | Biaya Produksi | \$/Unit |
| s | Harga jual barang perfect | \$/Unit |
| K | Biaya Pemesanan | \$/Unit |
| v | Harga jual barang imperfect | \$/Unit |

Tabel 2. Variabel keputusan model acuan

| Notasi | Definisi | Satuan |
|--------|----------------------|--------|
| r | <i>Reorder point</i> | Unit |
| T | Waktu interval | Tahun |

Tabel 3. Kriteria performansi model acuan

| Notasi | Definisi | Satuan |
|--------|------------------------|---------------|
| TC | Ongkos Total Inventori | \$/Unit/Tahun |
| TP | Total Profit | \$/Unit/Tahun |

Pengembangan Model

Berdasarkan pada jurnal acuan yang berfokus tentang *reorder point* pada *imperfect quality item*, pengembangan model yang dikembangkan dari jurnal acuan tersebut adalah permasalahan EOQ ketika bahan baku lebih dari satu dengan satu pemasok, sehingga ditentukan waktu optimal untuk 2 atau lebih produk tersebut agar mendapatkan ukuran lot optimal dari keseluruhan produk. Model perhitungan *Total Profit* merupakan selisih dari *Total Revenue* (TR) dengan *Total Cost* ketika produk yang diasumsikan tidak lebih dari satu atau sama dengan satu item tanpa *multi-item* dengan mempertimbangkan barang *imperfect quality* didapatkan rumus total profit terhadap T (waktu interval) dengan $T = \frac{(1-\alpha_i)}{D_i} Q_i$ menjadi $Q_i = \frac{D_i T}{1-\alpha_i}$ maka total profit adalah sebagai berikut.

$$TP_i = s_i D_i T + \frac{\alpha_i v_i D_i T}{1-\alpha_i} - \left(K + \frac{c_i D_i T}{1-\alpha_i} + \frac{d_i D_i T}{1-\alpha_i} + h_i \left(\frac{D_i T^2}{2} + \frac{\alpha_i D_i^2 T^2}{(1-\alpha_i) x_i} \right) \right) \quad (4)$$

Dengan penambahan nilai Ekspektasi (E) didapatkan;

$$E(TP_i) = s_i D_i T + \frac{E(\alpha_i) v_i D_i T}{1-E(\alpha_i)} - \left(K + \frac{c_i D_i T + d_i D_i T}{1-E(\alpha_i)} + h_i \left(\frac{D_i T^2}{2} + \frac{E(\alpha_i) D_i^2 T^2}{(1-E(\alpha_i)) x_i} \right) \right) \quad (5)$$

Untuk penentuan waktu interval yang optimal untuk keseluruhan produk (yang lebih dari satu produk) dilakukan penurunan secara parsial terhadap T (waktu interval) menjadi rumus sebagai berikut.

$$\sum_{i=1}^N \left(s_i D_i + \frac{E(\alpha_i) v_i D_i}{1-E(\alpha_i)} - \frac{c_i D_i + d_i D_i}{1-E(\alpha_i)} \right) - \sum_{i=1}^N h_i \left(D_i T + \frac{2E(\alpha_i) D_i^2 T}{(1-E(\alpha_i)) x_i} \right) = 0 \quad (6)$$

$$T^* = \frac{\sum_{i=1}^N D_i \left(s_i + \frac{E(\alpha_i) v_i - c_i - d_i}{1-E(\alpha_i)} \right)}{\sum_{i=1}^N h_i D_i \left(1 + \frac{2E(\alpha_i) D_i}{(1-E(\alpha_i)) x_i} \right)} \quad (7)$$

Dengan demikian, dapat kita rumuskan ukuran lot optimal ketika produk menjadi *multi-item* yang dimana nilai Q_k untuk $1 \leq k \leq n$ dengan $\alpha_i \sim U(a, b)$ dan $E(\alpha_i) = \frac{1}{2}(a+b)$ adalah sebagai berikut.

$$Q_k^* = \frac{D_k T^*}{1-E(\alpha_k)} = \frac{D_k \sum_{i=1}^N D_i \left(s_i + \frac{E(\alpha_i) v_i - c_i - d_i}{1-E(\alpha_i)} \right)}{(1-E(\alpha_i)) \sum_{i=1}^N h_i D_i \left(1 + \frac{2E(\alpha_i) D_i}{(1-E(\alpha_i)) x_i} \right)} \quad (8)$$

Notasi parameter dan kriteria performansi yang digunakan pada pengembangan model adalah notasi dan kriteria performansi yang sama dengan model acuan, tetapi terdapat perbedaan pada variabel keputusan sebagai berikut.

Tabel 4. Variabel keputusan model pengembangan

| Notasi | Definisi | Satuan |
|--------|---|--------------|
| T | Waktu antar pemesanan seluruh produk | <i>Cycle</i> |
| Q | Ukuran lot setiap pemesanan produk <i>i</i> | Unit |

Tabel 5. Kriteria performansi model pengembangan

| Notasi | Definisi | Satuan |
|--------|------------------------|-----------------------|
| TR | Total penjualan | \$/Unit/ <i>Cycle</i> |
| TC | Ongkos total inventori | \$/Unit/ <i>Cycle</i> |
| TP | Total profit | \$/Unit/ <i>Cycle</i> |

3. Hasil dan Pembahasan

(Nobil et al., 2020) dalam penentuan *reorder point* dengan mengasumsikan perbedaan *lead time* dan waktu inspeksi, didapatkan *total profit* sebagai berikut.

$$TP = sQ(1-\alpha) + vQ(\alpha) - \left(K + cQ + Q + h \left(\frac{Q^2 E[(1-\alpha)^2]}{2D} + \frac{E(\alpha) Q^2}{x} \right) \right) \quad (9)$$

Pada setiap *case total profit* adalah tetap tetapi dengan biaya simpan yang sedikit berbeda dibandingkan pada standar Wilson dikarenakan adanya *imperfect items* dapat dilihat dari grafik pada gambar 1,2,3 dan 4. Hasil pembuktian rumus biaya simpan adalah sama dapat dilihat pada [Appendix 1].

Pada penelitian ini, selain membuktikan setiap *case reorder point* dilakukan juga penentuan waktu interval dan ukuran lot pemesanan yang optimal jika terdapat lebih dari satu produk (*multi-item*) yang diproduksi oleh perusahaan. Perhitungan menggunakan data biaya (Appendix 1B) dengan memperhatikan kedatangan yang berdistribusi *uniform*, maka nilai dari ekspektasi *imperfect item* adalah $E(\alpha) = \frac{(a+b)}{2}$ dimana $a = 0$ dan $b = 0.04$, sehingga didapatkan ukuran lot pemesanan (Q^*) dan waktu interval (T^*) dengan produk atau bahan baku hanya satu adalah sebagai berikut.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h \left((1-E(\alpha))^2 + \frac{2E(\alpha)}{x} \right)}} = \sqrt{\frac{2(100)(50000)}{h \left(((0.98)^2) + \frac{2(50000)(0.02)}{175200} \right)}} = 1.434 \text{ Unit/Tahun.} \quad (10)$$

$$T^* = \frac{(1-\alpha_i)}{D_i} Q_i = \frac{(0.98)(1434)}{50000} = 0.0281 \text{ Tahun} \quad (11)$$

Ukuran lot optimal dalam satu horizon perencanaan (satu tahun) adalah sebanyak 1.434 unit dan waktu interval optimal adalah 0.0281 tahun atau sama dengan 10 hari dalam satu siklus. Hasil perhitungan *total profit* jika asumsi model acuan satu produk (*single-item*) adalah sebesar \$34.063/unit/tahun dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Total Profit} = \text{Total Revenue} - \text{Total Cost}$$

Didapatkan *Total Profit* per tahun sesuai dengan perhitungan adalah sebesar \$34.063/unit/tahun untuk asumsi model acuan satu produk dalam satu pemasok. Menyesuaikan dengan penurunan rumus untuk asumsi produk yang lebih dari satu (*multi-item*) didapatkan waktu interval yang optimum adalah sebagai berikut.

$$T^* = \frac{\sum_{i=1}^N D_i \left(s_i + \frac{E(\alpha_i) v_i - c_i - d_i}{1-E(\alpha_i)} \right)}{\sum_{i=1}^N h_i D_i \left(1 + \frac{2E(\alpha_i) D_i}{1-E(\alpha_i) x_i} \right)} = 5.21 \text{ cycle atau } \pm 52 \text{ hari} \quad (12)$$

Mengacu pada perumusan model waktu interval optimal (T^*), maka didapatkan ukuran lot optimum (Q^*) setiap produk adalah sebagai berikut.

Tabel 6. Ukuran lot optimal dari pengembangan *multi-item*

| | <i>Product 1</i> | <i>Product 2</i> | <i>Product 3</i> |
|----|------------------|------------------|------------------|
| Q* | 2219 | 1996 | 1777 |

Dengan perhitungan *total profit* yang sama dengan model jurnal acuan, didapatkan hasil *total revenue*, *total cost* dan *total profit* adalah sebagai berikut.

Tabel 7. *Total revenue*, *total cost*, dan *total profit* dari pengembangan *multi-item*

| | <i>Product 1</i> | <i>Product 2</i> | <i>Product 3</i> |
|---------------|------------------|------------------|------------------|
| Total Revenue | \$ 109,618 | \$ 78,842 | \$ 52,599 |
| Total Cost | \$ 85,376 | \$ 61,259 | \$ 36,289 |
| Total Profit | \$ 24,241 | \$ 17,582 | \$ 16,310 |

Dapat dilihat bahwa total profit produk 1, 2 dan 3 mengalami peningkatan biaya secara menyeluruh dengan satuan periode yaitu per waktu interval yang optimal (*cycle*), jika dibandingkan dengan *single item*, ukuran lot yang optimal serta waktu siklus lebih besar sehingga mempengaruhi *total profit multi-item*.

Analisis Sensitivitas

Berdasarkan hasil penentuan waktu interval dan ukuran lot pemesanan yang optimal serta dengan asumsi bahwa produk lebih dari satu (*multi-item*) dilakukan analisis sensitivitas terhadap model yang dikembangkan untuk menilai dampak peningkatan biaya terhadap perubahan *total profit*.

Analisis Sensitivitas jika kenaikan biaya produksi

Untuk menyesuaikan kondisi nyata di sektor industri yang berpotensi mengalami kenaikan biaya akibat naiknya harga bahan baku lainnya, maka analisis awal divalidasi berdasarkan biaya produksi.

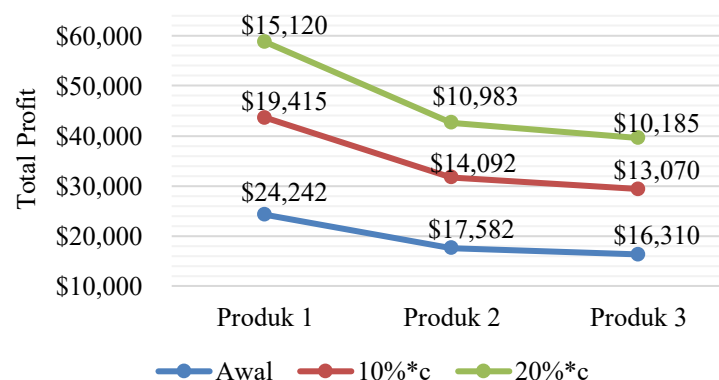
Tabel 8. Asumsi kenaikan biaya produksi

| | Biaya Produksi (c) | | |
|------------------|--------------------|-------------|-----------|
| | Awal | 10% | 20% |
| <i>Product 1</i> | \$25/unit | \$27,5/unit | \$30/unit |
| <i>Product 2</i> | \$20/unit | \$22/unit | \$24/unit |
| <i>Product 3</i> | \$15/unit | \$16,5/unit | \$18/unit |

Berikut adalah hasil perhitungan *total profit* beserta grafik yang menunjukkan adanya hubungan antara peningkatan biaya produksi dan penurunan tingkat keuntungan pada setiap produk.

Tabel 9. Perhitungan total profit jika kenaikan biaya produksi

| | Biaya Produksi (c) | | |
|------------------|--------------------|-----------|-----------|
| | Awal | 10% | 20% |
| <i>Product 1</i> | \$ 24,242 | \$ 19,415 | \$ 15,120 |
| <i>Product 2</i> | \$ 17,582 | \$ 14,092 | \$ 10,983 |
| <i>Product 3</i> | \$ 16,310 | \$ 13,070 | \$ 10,185 |

**Gambar 5.** Grafik analisis sensitivitas kenaikan biaya produksi

Berdasarkan hasil perhitungan *total profit* ketika terjadi kenaikan biaya produksi didapatkan bahwa *total profit* setiap produk mengalami penurunan pada *total cost* yang disebabkan oleh kenaikan biaya produksi 10% dan 20%. Penurunan *profit* tersebut dapat dikaitkan dengan berkurangnya margin keuntungan maupun penurunan volume penjualan sehingga dapat dikatakan bahwa model pengembangan sudah *feasible* ketika melakukan analisis sensitivitas biaya produksi dan berpengaruh terhadap *total profit*.

Analisis Sensitivitas pada perubahan Tingkat Inspeksi

Tingkat inspeksi yang diasumsikan dinamis dilakukan analisis untuk mengevaluasi sejauh mana variasi parameter tersebut mempengaruhi *total profit*.

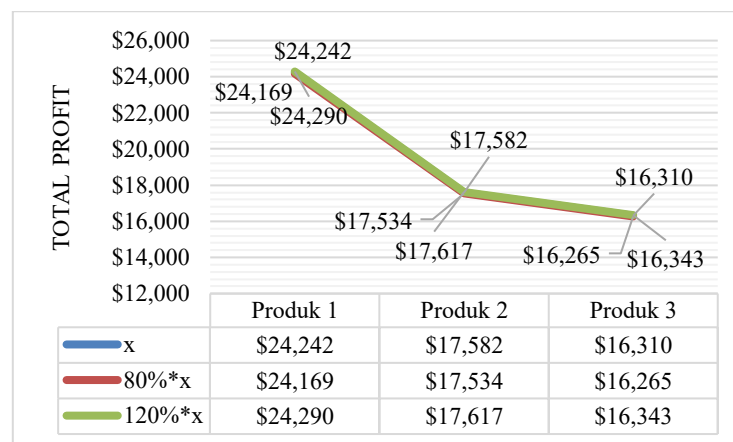
Tabel 10. Asumsi perubahan tingkat inspeksi

| | Rate Inspeksi (x) | | |
|-----------|-------------------|------------|------------|
| | Awal | 80% (-) | 120%(+) |
| Product 1 | 1,460 unit | 1,168 unit | 1,752 unit |
| Product 2 | 1,377 unit | 1,102 unit | 1,653 unit |
| Product 3 | 1,293 unit | 1,035 unit | 1,552 unit |

Setelah melakukan perhitungan, didapatkan hasil *total profit* serta grafik *total profit* pada setiap produk adalah sebagai berikut.

Tabel 11. Perhitungan total profit jika perubahan tingkat inspeksi

| | Tingkat Inspeksi (x) | | |
|-----------|----------------------|-----------|-----------|
| | Awal | 80% (-) | 120% (+) |
| Product 1 | \$ 24,242 | \$ 24,169 | \$ 24,290 |
| Product 2 | \$ 17,582 | \$ 17,534 | \$ 17,617 |
| Product 3 | \$ 16,310 | \$ 16,265 | \$ 16,343 |



Gambar 6. Grafik analisis sensitivitas perubahan tingkat inspeksi

Hasil analisis berdasarkan perhitungan *total profit* dan grafik menunjukkan bahwa peningkatan atau penurunan tingkat inspeksi hanya memberikan dampak yang relatif kecil terhadap profit secara keseluruhan. Hal ini disebabkan karena tingkat inspeksi berperan sebagai komponen pembagi dalam perhitungan biaya penyimpanan sehingga perubahannya tidak signifikan mengubah total biaya ataupun *total profit*. Dengan demikian disimpulkan bahwa model pengembangan dapat dikatakan stabil dan tetap *feasible* meskipun terjadinya variasi atau perubahan pada tingkat inspeksi.

Implikasi Manajerial

Pada analisis yang sudah dilakukan sebelumnya, maka selanjutnya diperlukan implikasi manajerial yang sekiranya akan bermanfaat pada perusahaan manufaktur yang menerapkan model inventori *multi-item* dengan distribusi produk secara *uniform*.

Tabel 12. Perbandingan waktu interval dan ukuran lot

| Parameter | <i>Single-item</i> | | <i>Multi-item</i> | |
|----------------------------|--------------------|--------|-------------------|--------------|
| | Hasil | Satuan | Hasil | Satuan |
| T* (Waktu Interval) | 0.028 | Tahun | 5.21 | <i>Cycle</i> |
| 1 Cycle = | 10 | Hari | 52.1 | Hari |

| Parameter | <i>Single-item</i> | | <i>Multi-item</i> | |
|------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | Hasil | Satuan | Hasil | Satuan |
| Q* (Ukuran Lot) | 1,435 | Unit/Tahun | 2,219 | Unit/ <i>Cycle</i> |
| Produk 1 | 40 | Unit/ <i>Cycle</i> | 43 | Unit/Hari |
| Produk 2 | | | 1,966 | Unit/ <i>Cycle</i> |
| | | | 39 | Unit/Hari |
| Produk 3 | | | 1,777 | Unit/ <i>Cycle</i> |
| | | | 35 | Unit/Hari |

Pada perbandingan Tabel 12 yang mengacu pada model dasar penentuan *reorder point* dengan asumsi variasi pada *leadtime* dan waktu inspeksi, didapatkan waktu interval untuk *multi-item* cenderung lebih lama dibandingkan dengan *single item*. Kondisi ini berimplikasi pada ukuran lot optimal yang lebih besar serta *reorder point* yang lebih lama pada model *multi-item*. Implikasi manajerial khususnya untuk perusahaan manufaktur dengan beberapa produk memungkinkan beberapa keputusan dengan penggunaan satu pemasok atau lebih dengan perbandingan *total cost* yang terkecil tetapi *total profit* yang terbesar.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian menunjukkan bahwa pengembangan model formulasi penentuan kebijakan inventori deterministik untuk kasus *multi-item* dengan mempertimbangkan *imperfect items* telah di validasi dan verifikasi. Melalui perubahan formulasi dari referensi acuan diperoleh hasil total *profit* sebesar \$51.307/unit/tahun yang mencapai lebih dari 50% dibandingkan dengan total *profit single-item*. Hasil perhitungan diperoleh waktu interval pemesanan *single item* sebesar 10 hari lebih kecil daripada *multi-item*, serta ukuran lot pemesanan *multi-item* lebih besar karena dipengaruhi oleh interval waktu pemesanan yang lebih panjang. Maka, dapat disimpulkan pengembangan formulasi total *profit* untuk *multi-item* dengan adanya *imperfect item* ini dinilai layak untuk diterapkan serta memberikan keuntungan tambahan berupa efisiensi pada biaya pemesanan dan administrasi dikarenakan proses pemesanan yang dilakukan secara serentak untuk beberapa produk. Semakin panjang interval waktu pemesanan maka unit ukuran lot pemesanan juga akan semakin besar.

Saran dari peneliti untuk penelitian selanjutnya yaitu diharapkan dapat mengembangkan beberapa modul inventori yang lebih kompleks dengan distribusi kedatangan normal tetapi standar deviasinya tidak sama dengan 0 atau probabilistik dan diharapkan dapat mengembangkan perbandingan model inventori *multi-item* dari satu pemasok dan lebih dari satu pemasok dengan membandingkan total *cost* dan total *profit*.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ini disampaikan kepada pihak-pihak terkait yang memberikan kontribusi secara langsung ataupun tidak langsung dalam menyelesaikan penelitian ini, pihak-pihak yang dimaksud adalah sebagai berikut.

- Dr. Eng. Yosi Agustina Hidayat, S.T., M.T. selaku dosen wali dan pengampu pada mata kuliah Sistem Persediaan & Pergudangan yang selalu memberikan kritik serta saran selama proses asistensi dalam penelitian pengembangan jurnal ini.
- Rekan-rekan satu kelompok yang telah berkontribusi secara langsung dalam penyelesaian penelitian dengan *brainstorming*.

Ucapan terima kasih juga kepada keluarga serta teman-teman diluar kampus yang memberikan dukungan, baik secara langsung ataupun tidak langsung.

Daftar Pustaka

1. Eroglu, A., & Ozdemir, G. (2007). An economic order quantity model with defective items and shortages. *International Journal of Production Economics*, 106(2), 544–549. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.06.015>
2. Maddah, B., & Jaber, M. Y. (2008a). Economic order quantity for items with imperfect quality: Revisited. *International Journal of Production Economics*, 112(2), 808–815. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.07.003>
3. Maddah, B., & Jaber, M. Y. (2008b). Economic order quantity for items with imperfect quality: Revisited. *International Journal of Production Economics*, 112(2), 808–815. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.07.003>
4. Nobil, A. H., Sedigh, A. H. A., & Cárdenas-Barrón, L. E. (2020). Reorder point for the EOQ inventory model with imperfect quality items. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(4), 1339–1343. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.03.004>
5. Roy, M. Das, Sana, S. S., & Chaudhuri, K. (2011). An economic order quantity model of imperfect quality items with partial backlogging. *International Journal of Systems Science*, 42(8), 1409–1419. <https://doi.org/10.1080/00207720903576498>
6. Salameh, M. K., & Jaber, M. Y. (2000). Economic production quantity model for items with imperfect quality. *International Journal of Production Economics*, 64(1–3), 59–64. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(99\)00044-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(99)00044-4)
7. Wahab, M. I. M., & Jaber, M. Y. (2010). Economic order quantity model for items with imperfect quality, different holding costs, and learning effects: A note. *Computers & Industrial Engineering*, 58(1), 186–190. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2009.07.007>

Appendix

1. Pembuktian biaya simpan di setiap *case reorder point* (Nobil et al., 2020)

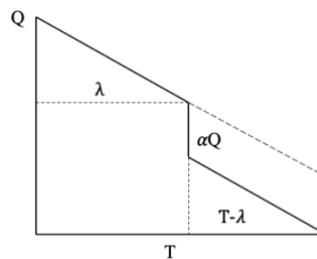
Pada gambar grafik *reorder point* case 1,2,3 dan 4 pada model jurnal acuan perbedaan *lead time* dan waktu inspeksi dimana perbedaan ini akan dilakukan analisis apakah *total profit* akan sama untuk setiap *case reorder point* pada model jurnal acuan.

$$TR = sQ(1 - \alpha) + vQ(\alpha)$$

Untuk setiap *total revenue* akan tetap sama dikarenakan biaya yang berpengaruh hanya ada pada harga produk dan ukuran lot pemesanan dengan barang *imperfect* dan *perfect*.

$$TC = K + CQ + dQ + h \left(\frac{Q^2 E[(1 - \alpha)^2]}{2D} + \frac{E(\alpha)Q^2}{x} \right)$$

Pada *total cost*, beberapa biaya hanya dipengaruhi oleh ukuran lot pemesanan tetapi untuk biaya simpan diperlukan analisis sesuai dengan grafik.



Grafik pada gambar diatas mempresentasikan grafik keseluruhan *reorder point* case 1,2,3 dan 4 dimana untuk perhitungan biaya simpan *lead time* dan waktu inspeksi tidak berpengaruh signifikan, sehingga perhitungan biaya simpan menggunakan konsep kesebangunan sebagai berikut.

$$h = \text{luas wilayah dengan Imperfect Items } (\alpha Q)$$

$$h = (\text{Luas } Q \text{ sampai } T) - (\text{Luas } \alpha Q \text{ sampai } T - \lambda)$$

$$h = \left(\frac{1}{2} (Q + \alpha Q) T \right) - (\alpha Q \times (T - \lambda))$$

Dimana berdasarkan pada jurnal acuan $\lambda = \frac{Q}{x}$ dan $T = \frac{(1-\alpha)Q}{D}$, maka didapatkan biaya simpan adalah sebagai berikut.

$$h = \left(\frac{1}{2}QT + \frac{1}{2}\alpha QT\right) - (\alpha QT - \alpha Q\lambda) \dots \dots \dots (5.1)$$

$$h = \frac{1}{2}QT + \frac{1}{2}\alpha QT - \alpha QT + \alpha Q\lambda \dots \dots \dots (5.2)$$

$$h = \frac{1}{2}QT - \frac{1}{2}\alpha QT + \alpha Q\lambda \dots \dots \dots (5.3)$$

$$h = \frac{1}{2}QT (1 - \alpha) + \alpha Q\lambda \dots \dots \dots (5.4)$$

Pada persamaan 5.4 dapat diubah T dan λ dengan mengacu pada jurnal acuan sebagai berikut.

$$h = \frac{1}{2}Q \frac{(1-\alpha)Q}{D} (1 - \alpha) - \alpha Q \frac{Q}{x} \text{ disederhanakan menjadi persamaan 5.5}$$

$$h = \frac{Q^2(1-\alpha)^2}{2D} - \frac{\alpha Q^2}{x} \dots \dots \dots (5.5)$$

Sehingga dapat dibuktikan bahwa setiap grafik *reorder point* pada *case* 1,2, 3 dan 4 memiliki biaya simpan yang sama dengan asumsi *lead time* dan waktu inspeksi yang berbeda tetapi tidak mempengaruhi biaya simpan setiap *case* tersebut.

2. Data Model Pengembangan *Multi-item*

Berikut beberapa data yang akan digunakan pada model pengembangan untuk *multi-item* dengan memperhitungkan T dan Q optimal dan biaya-biaya dijadikan dalam satuan *cycle* yaitu per 10 hari.

| Data | Value | Keterangan |
|----------------|------------------|--|
| s ₁ | \$50/unit | Harga jual produk 1 (<i>perfect</i>) |
| s ₂ | \$40/unit | Harga jual produk 2 (<i>perfect</i>) |
| s ₃ | \$30/unit | Harga jual produk 3 (<i>perfect</i>) |
| v ₁ | \$20/unit | Harga jual produk 1 (<i>imperfect</i>) |
| v ₂ | \$15/unit | Harga jual produk 2 (<i>imperfect</i>) |
| v ₃ | \$10/unit | Harga jual produk 3 (<i>imperfect</i>) |
| c ₁ | \$25/unit | Biaya produksi 1 |
| c ₂ | \$20/unit | Biaya produksi 2 |
| c ₃ | \$15/unit | Biaya produksi 3 |
| K | 100 \$/order | Biaya pemesanan |
| d ₁ | 0.5 \$/unit | Biaya Inspeksi Produk 1 |
| d ₂ | 0.3 \$/unit | Biaya Inspeksi Produk 2 |
| d ₃ | 0.2 \$/unit | Biaya Inspeksi Produk 3 |
| h ₁ | 5 \$/unit/cycle | Biaya Simpan Produk 1 |
| h ₂ | 4 \$/unit/cycle | Biaya Simpan Produk 2 |
| h ₃ | 2 \$/unit/cycle | Biaya Simpan Produk 3 |
| x ₁ | 1460 units/cycle | Rasio Inspeksi Produk 1 |
| x ₂ | 1377 units/cycle | Rasio Inspeksi Produk 2 |
| x ₃ | 1293 units/cycle | Rasio Inspeksi Produk 3 |
| D1 | 417 unit/cycle | Permintaan Produk 1 |
| D2 | 375 unit/cycle | Permintaan Produk 2 |
| D3 | 334 unit/cycle | Permintaan Produk 3 |