

KEBIJAKAN PENGISIAN KEMBALI PERSEDIAAN UNTUK BARANG JAMAK DENGAN KAPASITAS GUDANG TERBATAS

Bryan Eka Putra*, Singgih Saptadi, Wiwik Budiawan

Email: rbryanekaputra@gmail.com, singgih@gmail.com, wiwikbudiawan@gmail.com

*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang sistem penyimpanan dengan kapasitas gudang terbatas untuk beberapa item. Setiap item memiliki permintaan pelanggan yang bersifat probabilistik. Penelitian ini mengusulkan kebijakan pengisian kembali persediaan (*replenishment*) yang optimal untuk mengatasi permasalahan kelebihan persediaan. Peneliti membandingkan kinerja kebijakan perusahaan saat ini dan kebijakan *continuous review* (r, Q) dengan kapasitas gudang terbatas. Kebijakan (r, Q) meninjau posisi persediaan secara terus menerus dan ketika posisi persediaan turun atau dibawah r , sejumlah Q unit barang dikeluarkan untuk mengisi persediaan. Observasi digunakan untuk mengumpulkan data sekunder. Kebijakan saat ini menghasilkan utilisasi gudang 164% dengan total biaya Rp. 34.643.362.790. Kebijakan (r, Q) menghasilkan utilisasi gudang sebesar 66% dengan total biaya Rp. 28.113.799.986. Berdasarkan hasil tersebut, Kebijakan (r, Q) memberikan hasil yang lebih baik. Kebijakan ini menghemat biaya Rp. 6.529.562.804 atau menghemat 19% dengan tingkat utilisasi gudang 66%. Saran yang dapat diberikan kepada perusahaan untuk memperbaiki kebijakan pengisian kembali persediaan adalah menggantikan kebijakan sebelumnya yang berupa *periodic review* menjadi *continuous review* pada item-item yang mengalami *overstock* maupun *stockout*, menetapkan besaran ukuran pemesanan dengan model usulan, membuat format *review* persediaan baik pada Ms. Excel maupun software SAP, persiapan perangkat komputer dengan spesifikasi minimal Prosesor Intel Core i7 7500U-2.7Ghz Turbo 3.5Ghz, RAM 8 GB DDR4L, grafis VGA nVidia 940MX-2GB dengan kapasitas penyimpanan 500 GB plus SSD sebesar 128 GB, dan menggunakan kebijakan mixing truck kapasitas 32 dan 52 pallet

Kata Kunci: Persediaan, *Continuous review* (r, Q), Kapasitas gudang

Abstract

Algorithm Simulation for Developing Inventory Replenishment Policy (PT. Unilever Indonesia, Tbk).

This study discusses about storage systems with limited warehouse capacity for several items. Each items have its particular customers' demand that is probabilistic. This research propose an optimal replenishment policy to solve overstock problems. Researchers compare the performance of current replenishment policy and continuous review policy (r, Q) with limit warehouse capacity. (r, Q) policy reviews the stock position continuously and whenever the inventory position drops to or below r , an amount of Q units of goods is issued to replenish the system. Observation is used to collect secondary data. The current policy resulted 164% warehouse utilization with total cost Rp. 34.643.362.790. (r, Q) policy resulted 66% warehouse utilization with total cost Rp. 28.113.799.986. Based on these results, (r, Q) policy provides better results. This policy save the cost of Rp. 6,529,562,804 or save 19% with warehouse utilization rate 66%. We suggest to replace periodic review to continuous review on items which have overstock or stockout, set the size of the order with the model proposal, make a good inventory review format on Ms. Excel and SAP software, computer system preparation with minimum specifications are Intel Core i7 7500U-2.7Ghz Turbo 3.5Ghz processor, 8GB DDR4L RAM, nVidia 940MX-2GB VGA graphics with 500 GB of storage capacity plus 128 GB SSD, and use truck with capacity 32 and 52 pallet to distribute the items.

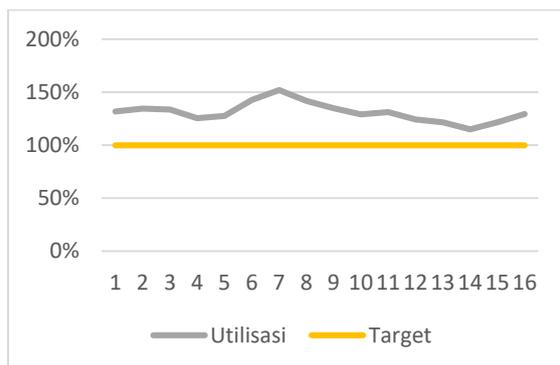
Keywords: Inventory, *Continuous review* (r, Q), storage-space constraint

1. PENDAHULUAN

PT. Unilever Indonesia merupakan salah satu perusahaan multinasional terdepan untuk produk *Home and Personal Care* serta *Foods & Ice Cream* di Indonesia. Produk-produk tersebut didistribusikan dari pabrik menuju ke konsumen melalui gudang gudang pusat distribusi (DC) yang selanjutnya disalurkan menuju depo-depo hingga ke konsumen akhir.

PT. Unilever Indonesia memiliki beberapa bagian disetiap departemen untuk mendukung proses bisnis perusahaan. Salah satu bagian pada PT. Unilever Indonesia adalah *Distribution Planning Group* (DPG). DPG bertanggungjawab pada proses pembagian produk dari gudang pabrik atau *Back of Factory* (BOF) kepada setiap Gudang pusat distribusi (DC). Untuk menilai tingkat keseimbangan pembagian produk tersebut, digunakan sebuah indeks bernama *Moving Stock to Norm* (MSTN).

Capaian indeks MSTN produk *Household Care* (HC) pada minggu ke-1 2015 hingga minggu ke-16 2016 rata-rata 71%, sementara target perusahaan minimal 85%. Keadaan tersebut menggambarkan bahwa pembagian produk yang dilakukan oleh DPG belum seimbang Berdasarkan studi pendahuluan berupa wawancara kepada manajer distribusi dan analisis data sekunder, keadaan tersebut disebabkan oleh *overstock* yang terjadi di Mega DC. Gambar 1 merupakan rincian tingkat utilisasi Mega DC khususnya produk HC minggu pertama hingga minggu ke-16 tahun 2016.



Gambar 1 Utilisasi Gudang Mega DC Produk HC

Gambar 1 menggambarkan bahwa jumlah produk HC yang ada di Mega DC melebihi kapasitas gudang terpasang (*overstock*). Gambar 1 menggambarkan bahwa rata-rata persediaan memakan 131% dari total kapasitas gudang sehingga terdapat 31% persediaan yang terletak digang.

Berdasarkan hasil wawancara kepada asisten manajer gudang Mega DC, terdapat beberapa risiko

dan kerugian yang muncul akibat adanya persediaan yang terletak di gang. Kerugian yang timbul tersebut adalah menurunnya produktivitas dalam *material handling*, menyebabkan meningkatnya resiko kerusakan produk, meningkatnya biaya simpan dan mengakibatkan kekurangan persediaan pada DC lainnya.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan, *overstock* pada Mega DC dipengaruhi oleh ketidaktepatan dalam menetapkan kebijakan pengisian kembali persediaan (*replenishment*) produk HC pada Mega DC. Kebijakan pengisian kembali persediaan adalah sebuah kebijakan untuk menentukan ukuran pemesanan dan titik pengisian kembali persediaan yang optimal dengan tujuan meminimumkan biaya sistem persediaan (Fergany, 2016).

Berdasarkan kondisi diatas, dapat disimpulkan bahwa kebijakan pengisian kembali persediaan PT. Unilever Indonesia untuk produk HC belum optimal sehingga menyebabkan kelebihan persediaan di Mega DC. Oleh karena itu, secara garis besar penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan kebijakan pengisian kembali persediaan produk HC pada Mega DC untuk mengoptimalkan tingkat utilisasi gudang Mega DC dan meminimasi total biaya sistem persediaan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Logistik

Menurut Johnson & Wood (1993) Logistik dapat dideskripsikan sebagai keseluruhan proses pergerakan produk dan bahan baku yang masuk, melalui dan keluar dari perusahaan. Logistik didefinisikan sebagai proses perencanaan, implementasi dan pengendalian efisiensi, aliran biaya yang efektif dan penyimpanan bahan mentah, bahan setengah jadi, barang jadi dan informasi yang berhubungan dari asal titik konsumsi dengan tujuan memenuhi kebutuhan konsumen (Ballou, 2007).

Menurut Christopher (2005), Logistik didefinisikan sebagai suatu proses strategis dalam pengelolaan mulai dari pengadaan barang, perpindahan barang, hingga penyimpanan barang, bahan baku dan produk jadi (yang di dalamnya terkait pula aliran informasi) pada perusahaan dan koneksi pemasaran untuk kepentingan mendapatkan keuntungan secara maksimal dengan biaya yang efisien dalam rangka pemenuhan kebutuhan konsumen.

Persediaan

Persediaan mengacu pada material yang disimpan dalam keadaan *idle* atau status tidak

lengkap menunggu untuk digunakan, ditransformasi atau penjualan masa depan (Tersine, 1994). Menurut Limansyah (2011), persediaan berkaitan dengan penyimpanan suatu bahan baku/barang yang bertujuan untuk menunjang kelancaran suatu sistem produksi atau kegiatan bisnis yang dilakukan oleh sebuah perusahaan. Persediaan yang berlebih dapat menimbulkan biaya simpan yang besar. Sebaliknya, kekurangan bahan baku dapat menimbulkan kerugian terjadinya kehilangan penjualan (*lost sales*).

Keberadaan persediaan dapat dipandang sebagai pemborosan dan ini berarti beban bagi suatu unit usaha dalam bentuk ongkos yang lebih tinggi (Monden, 1983). Oleh karena itu, keberadaannya perlu dieliminasi. Bila tidak mungkin untuk dieliminasi, keberadaannya harus diminimalkan dengan tetap menjamin kelancaran pemenuhan kebutuhan pemakainya (Monden, 1983).

Manajemen Persediaan

Manajemen persediaan adalah bagian dari manajemen bisnis yang membahas tentang perencanaan dan pengendalian persediaan (Toomey, 2000). Tujuan dari manajemen persediaan adalah untuk secara konsisten menjaga tingkat persediaan yang diinginkan dari satu set produk tertentu. Manajemen persediaan berusaha untuk memuaskan tuntutan pelanggan dengan memiliki produk yang tepat di tempat yang tepat di waktu yang tepat. Pada akhirnya, ini tentang menyeimbangkan tingkat persediaan terhadap tingkat pelayanan. Terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan ketika merancang sistem untuk merencanakan dan mengontrol persediaan, diantaranya proses untuk memasok produk, pelanggan dan produk itu sendiri.

Salah satu unsur penting dalam manajemen persediaan adalah kebijakan dalam pengisian kembali persediaan (*replenishment*). Kebijakan pengisian kembali persediaan adalah sebuah kebijakan untuk menentukan ukuran pemesanan dan titik pemesanan kembali yang optimal dengan tujuan meminimumkan biaya persediaan (Fergany, 2016).

Biaya Persediaan

Biaya persediaan dikaitkan dengan operasi dari suatu sistem persediaan dan hasil dari tindakan atau kurangnya tindakan dari bagian manajemen dalam membangun sistem. Ada parameter ekonomi dasar untuk model pengambilan keputusan persediaan apapun, dan yang paling relevan terhadap mayoritas sistem adalah biaya pesan, biaya simpan, biaya kekurangan (Tersine, 1994).

Biaya pesan berasal dari proses pemesanan ke supplier. Biaya ini biasanya diasumsikan langsung

dengan jumlah pesan yang dilakukan dan tidak semua dengan ukuran order. Biaya pesan meliputi membuat permintaan pemesanan, menerima item, menginspeksi material, menindaklanjuti pesanan, dan melakukan proses yang diperlukan sampai selesai transaksi.

Biaya simpan adalah biaya yang berkaitan dengan investasi pada persediaan dan pemeliharaan inventaris fisik di gudang. Biaya ini merupakan gabungan dari biaya modal, pajak, asuransi, pemeliharaan, penanganan, penyusutan, dan keusangan.

Biaya kekurangan adalah konsekuensi ekonomi dari gudang internal atau eksternal. Kekurangan eksternal terjadi ketika permintaan konsumen tidak terpenuhi; kekurangan internal terjadi ketika pesanan dari suatu kelompok departemen dalam organisasi tidak terpenuhi. Kekurangan eksternal dapat mengakibatkan biaya *backorder*, kehilangan keuntungan potensial saat ini dan dimasa depan. Jika terjadi permintaan pada item yang kekurangan, kerugian ekonomi tergantung pada apakah kekurangan tersebut dapat dilakukan *backorder*, diganti dengan item lain, atau dibatalkan. Pada suatu situasi, penjualan tidak hilang namun hanya terlambat beberapa hari dalam pengiriman. Biasanya perusahaan akan melakukan *backorder* darurat untuk item yang mengalami *stockout* dan mengasumsikan biaya tambahan untuk layanan spesial. Pada situasi lainnya, penjualan menjadi hilang.

Kebijakan Pengisian Kembali Persediaan (*Replenishment Policy*)

Kebijakan pengisian kembali persediaan terdiri dari keputusan mengenai kapan untuk mengisi ulang dan berapa banyak untuk mengisi ulang. Kebijakan pengisian kembali persediaan terdiri dari 2 bentuk, *periodic review* dan *continuous review* (Chopra & Meindl, 2013).

Pada *periodic review*, tingkat persediaan ditinjau pada frekuensi tertentu. Pada saat *review*, pesanan akan diberikan untuk pengisian persediaan sampai pada tingkat yang diinginkan (Chopra & Meindl, 2013). Pada kebijakan ini, waktu antar pemesanan tetap akan tetapi ukuran pemesanan dapat berubah-ubah.

Pada *continuous review*, tingkat persediaan terus menerus dipantau, dan jika tingkat persediaan berada atau di bawah titik pemesanan kembali, sebuah pemesanan akan dibuat untuk pengisian kembali (*replenish*) persediaan tersebut (Setyaningsih & Basri, 2013). Pada kebijakan ini, ukuran pemesanan tidak berubah dari satu pemesanan ke pemesanan lainnya. Waktu antar

pemesanan mungkin berfluktuatif tergantung dengan permintaan.

3. METODE PENELITIAN

Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah 10 besar produk HC yang mengalami *overstock* di Mega DC. Berikut ini merupakan 10 besar produk yang mengalami *overstock*, 20228327, 62040691, 62040693, 21075850, 21075858, 62039041, 21075849, 67015383, 21152839, 62040692.

Variabel Biaya Persediaan

Variabel biaya persediaan dalam penelitian ini terdiri atas tiga komponen utama yaitu, biaya pesan, biaya simpan dan biaya *backorder*.

Biaya pesan adalah biaya yang muncul akibat adanya pemesanan pengiriman produk kepada supplier (Tersine, 1994). Tabel 1 merupakan penjabaran struktur biaya pesan (Stevenson, 1999).

Biaya simpan merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menyimpan produk dalam jangka waktu tertentu (Singh, 2014). Biaya simpan terdiri dari beberapa komponen biaya. Tabel 2 menjabarkan komponen komponen biaya simpan dan besarnya (Richardson, 1995). Dalam penelitian ini, biaya simpan per item per tahun ditetapkan sesuai dengan range pada tabel 2 yaitu sebesar 25% dari harga jual. Nilai 25% dipilih karena produk-produk dalam penelitian ini tidak memerlukan perlakuan khusus saat disimpan di gudang.

Tabel 1 Komponen Biaya Pesan

Komponen	Definisi
Biaya Perencanaan Distribusi	Biaya yang dikeluarkan untuk menentukan berapa banyak item yang harus dipesan. Biaya ini terdiri dari biaya tenaga kerja langsung.
Biaya pembuatan invoice	Biaya yang dikeluarkan dalam pembuatan <i>invoice</i> , yaitu perintah perpindahan produk. Komponen biaya meliputi biaya tenaga kerja langsung, biaya cetak, biaya kertas.
Biaya komunikasi	Biaya yang dikeluarkan untuk koordinasi saat melakukan pemesanan. Biaya tenaga kerja langsung, biaya internet dan biaya telpon.
Biaya transportasi	Biaya yang dikeluarkan untuk memindahkan produk dari satu tempat ke tujuan. Komponen biaya transportasi meliputi biaya sewa truk.
Biaya Penerimaan	Biaya yang dikeluarkan untuk tenaga kerja untuk pemeriksaan dan <i>material handling</i>

Tabel 2 Komponen Biaya Simpan

Komponen	Definisi	Besaran
<i>Capital Cost</i>	Biaya yang berhubungan dengan investasi, bunga modal kerja dan biaya peluang dari uang yang diinvestasikan	6% - 12%
Pajak	Biaya pajak yang harus dikeluarkan untuk gudang dan produk yang disimpan.	2% - 6%
Asuransi	Biaya asuransi yang dikeluarkan pada persediaan	1% - 3%
Biaya pergudangan	Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan gudang	2% - 5%
<i>Physical handling cost</i>	Biaya yang berhubungan dengan sumber daya manusia dan manajemen persediaan.	2% - 5%
<i>Clerical & Inventory control</i>	Biaya yang digunakan untuk <i>inventory control</i> dan pencatatan administrasi	3% - 6%
Biaya keusangan	Biaya resiko barang-barang melewati masa pakai dan menjadi usang	6% - 12%
<i>Deterioration & Pilferage</i>	Biaya resiko kesalahan dalam administrasi (kesalahan pengiriman dan kesalahan peletakan produk), pencurian, kerusakan produk	3% - 6%
Total		25% - 55%

Biaya *backorder* adalah biaya yang muncul ketika persediaan lebih kecil daripada permintaan, sehingga terdapat permintaan yang harus tertunda pemenuhannya (Tersine, 1994). Tabel 3 menjabarkan komponen komponen biaya *backorder* (Stevenson, 1999).

Tabel 3 Komponen Biaya Backorder

Komponen	Definisi
Biaya administrasi	Biaya yang dikeluarkan untuk administrasi <i>backorder</i> . Biaya ini meliputi biaya lembur dan biaya cetak <i>invoice backorder</i> .
Biaya komunikasi	Biaya yang dikeluarkan untuk komunikasi dengan konsumen terkait <i>backorder</i> . Biaya ini meliputi biaya lembur, biaya internet dan biaya telpon.
Biaya transportasi	Biaya yang dikeluarkan untuk mengirim item-item yang <i>backorder</i> . Biaya ini meliputi biaya sewa truk khusus untuk <i>backorder</i>
Biaya <i>material handling</i>	Biaya yang dikeluarkan untuk <i>material handling</i> khusus item-item yang <i>backorder</i>

Variabel Penelitian

Kebijakan pengisian kembali persediaan adalah sebuah kebijakan untuk menentukan ukuran pemesanan dan titik pemesanan kembali yang optimal dengan tujuan meminimumkan biaya sistem persediaan (Fergany, 2016). Pada penelitian ini, model yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan kebijakan pengisian kembali persediaan adalah model *Storage-Space Capacitated Inventory System with (r,Q) Policies* (Zhao, Fan, Xiaoliang, & Jinxing, 2007). Model ini termasuk pada kebijakan *continuous review* dimana posisi persediaan dipantau secara terus menerus. Pada model yang dikembangkan oleh Zhao dkk (2007), terdapat beberapa variabel penelitian. Variabel yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Metode Penelitian

Model yang diusulkan untuk menyelesaikan permasalahan kebijakan pengisian kembali persediaan PT. Unilever Indonesia adalah model *Storage-Space Capacitated Inventory System with (r,Q) Policies* (Zhao, Fan, Xiaoliang, & Jinxing, 2007). Adapun model yang diajukan oleh Zhao dkk (2007) adalah sebagai berikut:

• Model Single-Item Tanpa Konstrain Kapasitas Gudang

Kebijakan (r, Q) untuk single item tanpa konstrain kapasitas gudang dapat digunakan ketika kapasitas gudang yang dipenuhi tidak terbatas. Berikut ini merupakan model penyelesaian kebijakan (r, Q) untuk single item tanpa konstrain kapasitas gudang (Zhao, Fan, Xiaoliang, & Jinxing, 2007):

Ekspektasi biaya simpan dan backorder per unit waktu dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$G(y) = h \sum_{i=0}^y (y - i) \cdot \Pr\{D = i\} + p \sum_{i=y+1}^{\infty} (i - y) \cdot \Pr\{D = i\} \quad (1)$$

Dengan kebijakan (r, Q), didapatkan ekspektasi biaya sistem persediaan per unit waktu sebagai berikut:

$$c(r, Q) = \frac{K\lambda}{Q} + \frac{1}{Q} \sum_{y=r+1}^{r+Q} G(y) \quad (2)$$

Untuk mencari nilai optimal r dan Q yang meminimasi total biaya pada persamaan 2, dapat diselesaikan dengan algoritma 3.1 sebagai berikut:

Algoritma 3.1

Langkah 1: Mencari y^* yang meminimasi $G(y)$.

Langkah 2: Set $q_{min} = y^*$, $q_{max} = y^*$.

Langkah 3: Let $r = q_{min} - 1$, $Q = q_{max} - q_{min} + 1$

Langkah 4: Jika $\min \{G(q_{min} - 1), G(q_{max} + 1)\} \geq c(r, Q)$, lalu berhenti. Jika tidak, lanjut ke langkah selanjutnya.

Langkah 5: Jika $G(q_{min} - 1) \leq G(q_{max} + 1)$, lalu $q_{min} = q_{min} - 1$. Jika tidak, $q_{max} = q_{max} + 1$. Lanjut ke langkah ke-3

• Model Single-Item Dengan Konstrain Kapasitas Gudang

Kebijakan (r, Q) untuk single item pada sistem nyata tanpa konstrain kapasitas gudang akan sulit untuk ditemukan. Keadaan tersebut dipengaruhi oleh kapasitas gudang yang dimiliki oleh perusahaan terbatas. Pada kebijakan ini, terdapat total kapasitas gudang sebanyak w unit dan satu unit item memakan s unit dari kapasitas gudang. Untuk menghitung kebijakan (r, Q) yang optimal dengan kapasitas gudang terbatas, dapat digunakan model penyelesaian kebijakan (r, Q) untuk single item dengan konstrain kapasitas gudang sebagai berikut (Zhao, Fan, Xiaoliang, & Jinxing, 2007):

$$\min_{(r,Q) \in \Omega} c(r, Q) \quad (3)$$

$$\text{s.t. } s(r + Q) \leq w \quad (4)$$

Untuk menyelesaikan persamaan 3 dengan konstrain persamaan 4, dapat digunakan algoritma 3.2 sebagai berikut:

Algoritma 3.2

Langkah 1: Mencari nilai (\tilde{r}, \tilde{Q}) dengan algoritma 3.1

Langkah 2: Let $r^* = \tilde{r}$ and $Q^* = \tilde{Q}$. Set $\tilde{w} = r^* + Q^*$.
Set $N = \tilde{w} - w$.

Langkah 3: Jika $N \leq 0$, lalu berhenti.

Langkah 4: Jika $c(r^*-1, Q^*) \leq c(r^*, Q^*-1)$, lalu let $r^* = r^* - 1$. Jika tidak, let $Q^* = Q^* - 1$

Langkah 5: $N = N - 1$. Lanjut ke Langkah 3

• Model Multi-Item Dengan Konstrain Kapasitas Gudang

Pada sistem nyata, sering terjadi bahwa pada satu gudang terdapat bermacam-macam item. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, kebijakan (r, Q) multi item dengan konstrain kapasitas gudang dapat digunakan sebagai salah satu solusi. Pada kebijakan ini terdapat M item yang disimpan pada sebuah gudang. Gudang tersebut memiliki total kapasitas sebanyak W unit. Untuk setiap item pallet, dapat menyimpan s_m unit.

Tabel 4 Variabel Penelitian

Variabel	Kode	Definisi
Posisi persediaan	y	Persediaan saat ini dikurangi jumlah <i>backorder</i> ditambah dengan barang yang dalam perjalanan.
Permintaan yang mungkin muncul	i	Besarnya permintaan yang mungkin muncul untuk setiap item m , yaitu $0, \dots, \infty$ menggunakan pallet
Permintaan	D	Permintaan dalam satuan pallet
Probabilitas D=i	$\Pr\{D=i\}$	Kemungkinan permintaan sama dengan i .
Ekspektasi biaya simpan dan <i>backorder</i>	$G(y)$	Ekspektasi total ongkos simpan ditambah dengan ongkos <i>backorder</i> dalam satuan rupiah.
Rata-rata permintaan	λ	Rata-rata permintaan dengan satuan pallet per hari
Titik pemesanan ulang	r	Titik dimana dilakukan pemesanan ulang sejumlah Q dengan satuan pallet
Ukuran pemesanan	Q	Jumlah produk dalam sekali pemesanan menggunakan satuan pallet per pemesanan
Ekspektasi biaya sistem persediaan tanpa biaya transportasi	$c(r, Q)$	Ekspektasi total biaya sistem persediaan yang meliputi biaya simpan, biaya pesan, dan biaya <i>backorder</i> . Ekspektasi biaya ini diluar biaya transportasi. Satuan yang digunakan adalah rupiah
Biaya simpan	h	Biaya yang dikeluarkan untuk menyimpan satu pallet per hari. Satuan variabel ini adalah rupiah.
Biaya tetap backorder	p_{fix}	Biaya tetap <i>backorder</i> adalah biaya yang timbul akibat adanya <i>backorder</i> . Biaya ini independen terhadap berapa pallet yang mengalami <i>backorder</i> .
Biaya variabel backorder	p_{var}	Biaya variabel <i>backorder</i> adalah biaya yang timbul akibat adanya <i>backorder</i> . Biaya ini dependen terhadap berapa pallet yang mengalami <i>backorder</i> .
Biaya Transportasi	T	Biaya yang dikeluarkan untuk menyewa 1 truk
Biaya pesan	K	Biaya yang dikeluarkan untuk melakukan sekali pemesanan
Waktu tunggu	L	Waktu tunggu dari dilakukannya pemesanan hingga barang datang ke Mega DC. Satuan yang digunakan pada variabel ini adalah hari
Kapasitas gudang terpasang	W	Kapasitas rak yang tersedia untuk menampung semua item. Satuan yang digunakan adalah pallet.
Kapasitas gudang terpakai oleh model	\tilde{W}	Kapasitas rak yang dibutuhkan untuk menampung semua item. Satuan yang digunakan adalah pallet.
CPP	s_m	Banyaknya item dalam satuan <i>cases</i> yang dapat ditampung dalam 1 buah pallet
Selisih kapasitas terpakai dan terpasang	N	Didapatkan dengan cara $\tilde{W} - W$
<i>Optimal path</i> item m	\vec{P}_m	Didapatkan dengan menjalankan algoritma 2.2
<i>Path number</i> item m	n_m	Nomor dari <i>optimal path</i> item m
Jumlah item	m, \dots, M	Jumlah item yang menjadi objek penelitian
Ekspektasi biaya persediaan pada $(\vec{P}_m(n_m))$	$c_m(\vec{P}_m(n_m))$	Ekspektasi biaya persediaan pada $(\vec{P}_m(n_m))$.
Ekspektasi total biaya sistem persediaan	C	Total biaya sistem persediaan ditambahkan dengan biaya transportasi

Berikut ini merupakan rumusan model kebijakan (r, Q) *multi item* dengan konstrain kapasitas gudang (Zhao, Fan, Xiaoliang, & Jinxing, 2007):

$$\begin{aligned} \text{Min } C(r, Q) &= \sum_{m=1}^M c_m(r_m, Q_m), & (5) \\ \text{s.t.} & \\ \sum_{m=1}^M w_m &= \sum_{m=1}^M s_m \cdot (r_m + Q_m)^+ \\ &= s \cdot (r + Q)^+ \leq W & (6) \end{aligned}$$

Untuk menyelesaikan persamaan 5 dengan konstrain persamaan 6, dapat digunakan algoritma 3.3 sebagai berikut:

Algoritma 3.3

Langkah 1: Mencari nilai $(\tilde{r}_m, \tilde{Q}_m)$ untuk semua $m=1, \dots, M$ dengan algoritma 3.1

Langkah 2: Set $n_m = 0$ dan $(\tilde{r}_m, \tilde{Q}_m) \rightarrow P^*_{n_m}(0)$ untuk semua $m=1, \dots, M$. Set $N = \tilde{W} - W$.

Langkah 3: Jika $N \leq 0$, lalu berhenti.

Langkah 4: Gunakan algoritma 3.2 untuk mencari index m diantara item-item yang berkontribusi dengan nilai terkecil dari

$$\frac{c_m(\tilde{P}_m(n_{m+1})) - c_m(\tilde{P}_m(n_m))}{s_m} \quad (7)$$

Lalu, let $n_m = n_m + 1$ untuk item m diatas.

Langkah 5: $N = N - 1$. Lanjut ke langkah ke-3

Penelitian ini mengusulkan algoritma 3.3 untuk menyelesaikan permasalahan kebijakan pengisian kembali persediaan untuk multi-item dengan kapasitas gudang terbatas

4. ANALISIS KONDISI SAAT INI

Bagian ini terdiri membahas mengenai pengumpulan data dan analisis kondisi saat ini.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara observasi, Data yang dikumpulkan adalah data presentase *overstock*, kapasitas gudang terpasang, data Cases Per Pallet (CPP), data posisi persediaan selama 16 minggu, ukuran pemesanan selama 16 minggu, *backorder* selama 16 minggu, data permintaan, data harga jual per pallet, data waktu tunggu, biaya pesan, biaya simpan dan biaya *backorder*. Tabel 5 merupakan rekap data yang digunakan pada penelitian ini.

Analisis Kondisi Saat Ini

Kebijakan pengisian kembali persediaan yang saat ini digunakan oleh PT. Unilever Indonesia adalah dengan melihat kondisi persediaan yang tersedia di gudang. Jika jumlah item yang tersedia di gudang kurang dari total *safety stock* ditambah *backorder*, maka akan dilakukan pemesanan sejumlah kekurangan item tersebut. Posisi persediaan ditinjau sebanyak 4 kali dalam sehari. Berdasarkan kebijakan dari perusahaan, terdapat dua parameter terkait kebijakan pengisian kembali persediaan yaitu, utilisasi gudang dan total biaya persediaan.

Berdasarkan data persentase *overstock* pada Tabel 5, didapatkan rata-rata presentase *overstock* untuk sepuluh item pada penelitian ini sebesar 64%. Dari hasil tersebut didapatkan rata-rata tingkat utilisasi gudang sebesar 164%. Hasil tersebut diperoleh dengan menambahkan rata-rata presentase *overstock* dengan kapasitas rak pada gudang yang tersedia yaitu 100%.

Dari segi total biaya persediaan, kebijakan yang sedang berjalan selama 16 minggu dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan hasil pada Tabel 6, terlihat bahwa total biaya sistem persediaan kebijakan saat ini selama 16 minggu untuk 10 item yang menjadi objek penelitian ini adalah Rp. 34,643,362,790.

5. PENGEMBANGAN MODEL KEBIJAKAN PENGISIAN KEMBALI PERSEDIAAN

Perumusan Model Matematis

Model yang akan diusulkan sebagai perbaikan kebijakan pengisian kembali persediaan adalah model *continuous review* (r, Q). Dengan menggunakan kebijakan ini, tingkat persediaan ditinjau terus menerus, dan setiap kali posisi persediaan berada pada titik atau di bawah r (titik pemesanan kembali), sejumlah unit Q barang dikeluarkan untuk mengisi persediaan tersebut (Zhao, Fan, Xiaoliang, & Jinxing, 2007). Zhao dkk (2007) mengusulkan sebuah model penyelesaian kebijakan *continuous review* (r, Q) dengan kapasitas gudang terbatas. Penelitian tersebut bertujuan untuk mencari nilai titik pemesanan kembali (r) dan ukuran pemesanan (Q) optimal yang meminimasi biaya sistem persediaan dengan konstrain kapasitas gudang. Berikut ini merupakan tahapan dalam mengembangkan kebijakan pengisian kembali persediaan untuk produk HC pada gudang Mega DC:

- **Menentukan Struktur Biaya Sistem Nyata**

Struktur biaya ditentukan dengan cara identifikasi struktur biaya pada sistem nyata. Pada sistem nyata terdapat tiga komponen biaya utama yang menunjang sistem persediaan pada PT. Unilever Indonesia yaitu, biaya pesan, biaya simpan dan biaya *backorder*. Biaya pesan terdiri dari beberapa komponen utama yaitu, biaya perencanaan distribusi, biaya pembuatan *invoice*, biaya komunikasi, biaya transportasi dan biaya penerimaan.

Tabel 5 Rekap Data yang Digunakan

SKU	Persentase Overstock	Sm	λ_m (pallet) / hari	Km (Rp) / order	T / truck (Rp)	Lm (hari)	hm (Rp) / pallet / hari	Pfix (Rp) / pallet / hari	pvar / pallet (Rp)	Harga / Pallet (Rp)	Kap Rak (pallet)
20228327	53%	8	47	307,325	2,200,000	3	339	104,449	68,750	323,650	969
62040691	63%	10	47	307,325	2,200,000	3	414	104,449	68,750	393,363	429
62040693	64%	7	58	307,325	2,200,000	3	248	104,449	68,750	235,001	659
21075850	68%	10	117	307,325	2,200,000	3	339	104,449	68,750	321,684	1402
21075858	75%	10	143	307,325	2,200,000	3	289	104,449	68,750	274,714	1172
62039041	77%	10	765	307,325	2,200,000	3	308	104,449	68,750	290,985	6562
21075849	60%	11	134	307,325	2,200,000	3	325	104,449	68,750	309,358	1083
67015383	73%	7	609	307,325	2,200,000	3	210	104,449	68,750	196,058	5102
21152839	57%	10	39	307,325	2,200,000	3	333	104,449	68,750	313,298	409
62040692	53%	10	116	307,325	2,200,000	3	339	104,449	68,750	322,599	918
Rata-Rata Overstock	64%										

Tabel 6 Rekap Total Biaya Persediaan Kebijakan Berjalan Selama 16 Minggu

m	SKU	Km (Rp)	hm (Rp)	Pm (Rp)	T (Rp)	Total (Rp)
1	20228327	24,586,000	67,319,637	0	1,857,006,250	1,948,911,887
2	62040691	55,318,500	40,976,478	0	1,810,462,500	1,906,757,478
3	62040693	30,732,500	26,234,184	0	1,811,012,500	1,867,979,184
4	21075850	43,025,500	119,769,378	0	3,636,737,500	3,799,532,378
5	21075858	36,879,000	87,927,672	0	4,003,106,250	4,127,912,922
6	62039041	55,318,500	526,416,352	0	7,689,343,750	8,271,078,602
7	21075849	49,172,000	92,140,100	0	2,372,287,500	2,513,599,600
8	67015383	61,465,000	195,719,370	0	6,460,850,000	6,718,034,370
9	21152839	61,465,000	21,894,084	0	1,459,562,500	1,542,921,584
10	62040692	30,732,500	72,552,441	0	1,891,312,500	1,994,597,441
	Total	448,694,500	1,250,949,696	0	32,991,681,250	34,691,325,446

Biaya simpan terdiri dari beberapa komponen utama yaitu, *capital cost*, pajak, asuransi, biaya pergudangan, *physical handling cost*, *clerical & inventory control*, biaya keusangan, *deterioration & pilferage*. Biaya *backorder* terdiri dari, biaya administrasi, biaya komunikasi, biaya transportasi dan biaya *material handling*.

• **Memodifikasi Model Disesuaikan Dengan Struktur Biaya Pada Dunia Nyata**

Tahap selanjutnya adalah menganalisis apakah struktur biaya tersebut dapat dimasukkan kedalam model yang dikembangkan oleh Zhao, dkk (2007). Setelah dilakukan analisis ternyata terdapat perbedaan pada komponen biaya *backorder*. Pada sistem nyata, komponen biaya *backorder* terdiri dari dua bagian utama yaitu biaya tetap *backorder* dan biaya variabel *backorder*. Sedangkan pada model yang dikembangkan oleh Zhao dkk (2007), biaya *backorder* hanya terdiri dari biaya tetap

backorder yang bersifat dependen terhadap jumlah item yang mengalami *backorder*. Berdasarkan keadaan tersebut, maka peneliti melakukan pengembangan model pada bagian biaya *backorder* sebagai berikut:

Model Zhao dkk (2007):

$$G(y) = h \sum_{i=0}^y (y-i) \cdot \Pr\{D=i\} + p \sum_{i=y+1}^{\infty} (i-y) \cdot \Pr\{D=i\} \quad (8)$$

Model yang dikembangkan peneliti:

$$G(y) = h \sum_{i=0}^y (y-i) \Pr\{D=i\} + \{p_{fix} + [p_{var} \sum_{i=y+1}^{\infty} (i-y) \Pr\{D=i\}]\} \quad (9)$$

• **Mencari Nilai Probabilitas Dari Permintaan Yang Mungkin Muncul**

Dalam penelitian ini permintaan setiap item bersifat probabilistik. Sebelum menentukan nilai probabilitas permintaan, pertama harus menentukan

tipe distribusi data dengan cara menguji distribusi statistik data permintaan. Uji *Goodness of Fit* digunakan untuk menemukan tipe distribusi data yang paling cocok untuk setiap item. Data diuji dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0.05$) Dalam penelitian ini digunakan *software* SPSS untuk membantu dalam melakukan uji *Goodness of Fit*. Berikut ini merupakan hasil uji *Goodness of Fit* data permintaan kesepuluh item.

Uji Goodness of Fit

1. H_0 = Data berdistribusi poisson,
2. H_1 = Data tidak berdistribusi poisson,
3. Diketahui $\alpha = 0.05$
4. Daerah Kritis sig-2 tailed < 0.05
5. Hasil Uji dengan SPSS

Tabel 7 Output Uji Goodness of Fit SPSS

		One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test									
		m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10
N		52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
Poisson Parameter	Mean	2,3738E2	2,3435E2	2,9083E2	5,8771E2	7,1585E2	3,8207E3	8,6962E2	3,0465E3	1,9583E2	5,8079E2
Most Extreme Differences	Absolute	.165	.135	.134	.154	.154	.135	.173	.154	.154	.115
	Positive	.165	.126	.115	.154	.154	.115	.135	.154	.154	.115
	Negative	-.094	-.135	-.134	-.086	-.154	-.135	-.173	-.115	-.114	-.110
Kolmogorov-Smirnov Z		1.186	.970	.965	1.109	1.109	.971	1.248	1.109	1.109	.832
(asympt. Sig. (2-tailed))		.120	.304	.309	.171	.171	.303	.089	.171	.171	.493

a. Test distribution is Poisson.

6. Keputusan

- $m_1 = 0.120 > 0.05 =$ terima H_0
- $m_2 = 0.304 > 0.05 =$ terima H_0
- $m_3 = 0.309 > 0.05 =$ terima H_0
- $m_4 = 0.171 > 0.05 =$ terima H_0
- $m_5 = 0.171 > 0.05 =$ terima H_0
- $m_6 = 0.303 > 0.05 =$ terima H_0
- $m_7 = 0.089 > 0.05 =$ terima H_0
- $m_8 = 0.171 > 0.05 =$ terima H_0
- $m_9 = 0.171 > 0.05 =$ terima H_0
- $m_{10} = 0.493 > 0.05 =$ terima H_0

7. Kesimpulan

Semua item yang menjadi objek penelitian ini mengikuti distribusi poisson

Tahap selanjutnya adalah menghitung probabilitas permintaan yang mungkin muncul. Nilai probabilitas suatu permintaan muncul pada suatu periode digunakan pendekatan rumus distribusi Poisson dengan menggunakan rumus *Ms.Excel* sebagai berikut

$$=POISSON.DIST(i,\lambda,L,False).$$

- **Menentukan Nilai y yang Meminimasi Ekspektasi Biaya Simpan dan Biaya Backorder**

Posisi persediaan (y) adalah posisi dimana persediaan yang ada digudang dikurangi dengan jumlah *backorder* ditambah dengan barang dalam

perjalanan. Variabel ini merupakan variabel keputusan yang akan mempengaruhi biaya simpan dan biaya *backorder*. Penentuan nilai y yang meminimasi ekspektasi biaya simpan dan biaya *backorder* dilakukan dengan menggunakan rumus 9.

Setelah didapatkan nilai ekspektasi biayanya, tahap selanjutnya adalah memilih y yang menghasilkan ekspektasi biaya terendah (y^*). Tabel 8 merupakan rekap nilai y^* , ekspektasi biaya simpan, dan ekspektasi biaya *backorder* untuk setiap item.

Tabel 8 Rekap Nilai y^*

SKU	y^*	Biaya Simpan (Rp)	Biaya Backorder (Rp)	Total (Rp)
20228327	176	10,854.62	105,791.62	116,646.24
62040691	172	12,843.45	106,018.82	118,862.27
62040693	214	9,179.70	105,473.91	114,653.61
21075850	404	16,959.58	106,392.09	123,351.68
21075858	488	16,191.91	106,330.63	122,522.54
62039041	2421	38,829.33	109,210.92	148,040.26
21075849	455	17,235.09	106,584.21	123,819.31
67015383	1948	24,788.73	107,307.48	132,096.21
21152839	149	9,663.45	105,781.49	115,444.94
62040692	400	16,621.84	106,647.76	123,269.61

- **Menentukan Nilai r Dan Q Optimal Tanpa Konstrai Kapasitas Gudang**

Algoritma 3.1 digunakan untuk mencari nilai r dan Q optimal tanpa konstrain kapasitas gudang. Tabel 9 merupakan rekap nilai r dan Q optimal serta kapasitas terpakai tanpa konstrain.

Tabel 9 Nilai r dan Q Optimal serta Kapasitas Terpakai Tanpa Konstrai Kapasitas

SKU	r	Q	\bar{W}	W	N
20228327	153	301	454	969	-515
62040691	149	271	420	429	-9
62040693	188	389	577	659	-82
21075850	368	472	840	1402	-562
21075858	449	564	1013	1172	-159
62039041	2334	1259	3593	6562	-2969
21075849	418	513	931	1083	-152
67015383	1869	1357	3226	5102	-1876
21152839	128	278	406	409	-3
62040692	365	470	835	918	-83
TOTAL			12295	18705	-6410

- **Menentukan Nilai r dan Q Optimal Dengan Konstrai Kapasitas Gudang**

Tahap selanjutnya adalah mencari nilai r dan Q optimal dengan konstrain kapasitas gudang.

Algoritma 3.3 digunakan untuk mencari nilai r dan Q optimal dengan konstrain kapasitas gudang.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai N pada tabel 9, didapatkan nilai sebesar -6410 dimana nilai tersebut kurang dari 0. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa hasil r dan Q yang didapatkan pada poin sebelumnya sudah optimal dan memenuhi syarat kapasitas gudang terpasang.

- **Menentukan Ekspektasi Total Biaya Sistem Persediaan**

Ekspektasi total biaya sistem persediaan (C) didapatkan dengan menggunakan persamaan 10.

$$C = \left[\frac{K\lambda}{Q} + \frac{1}{Q} \sum_{y=r+1}^{r+Q} G(y) \right] + \left[\frac{Q}{32} T \right] \quad (10)$$

Tabel 10 Ekspektasi Total Biaya Persediaan per Hari

SKU	r	Q	c(r,Q) (Rp)	T (Rp)	Total Biaya (Rp)
20228327	153	301	209,771	20,693,750	20,903,521
62040691	149	271	219,988	18,631,250	18,851,238
62040693	188	389	203,840	26,743,750	26,947,590
21075850	368	472	269,517	32,450,000	32,719,517
21075858	449	564	272,388	38,775,000	39,047,388
62039041	2334	1259	504,281	86,556,250	87,060,531
21075849	418	513	276,559	35,268,750	35,545,309
67015383	1869	1357	397,613	93,293,750	93,691,363
21152839	128	278	199,727	19,112,500	19,312,227
62040692	365	470	268,816	32,312,500	32,581,316
TOTAL			2,822,500	403,837,500	406,660,000

Berdasarkan tabel 10, ekspektasi total biaya persediaan adalah Rp. 406,660,000 per hari, sehingga total biaya persediaan selama 16 minggu adalah Rp. 32,532,799,986.

Analisis Perbandingan Kinerja Model

Berbeda dengan model kebijakan pengisian kembali persediaan yang saat ini diterapkan oleh PT. Unilever Indonesia, model *Storage-Space Capacitated Inventory System with (r,Q) Policies* yang dikembangkan oleh peneliti memiliki beberapa keunggulan. Dari segi utilisasi gudang, model ini dapat mengontrol tingkat persediaan maksimum yang ada di gudang. Tingkat utilisasi gudang pada model usulan memberikan hasil yang lebih baik yaitu sebesar 66%. Disisi lain, kebijakan yang saat ini digunakan oleh perusahaan menghasilkan nilai utilisasi rata-rata 164%.

Model usulan memberikan hasil yang lebih baik dari segi biaya persediaan. Untuk model usulan, ekspektasi total biaya sistem persediaan selama 16

minggu sebesar Rp. 32,532,799,986, sedangkan model yang saat ini digunakan perusahaan, total biaya sistem persediaan selama 16 minggu adalah Rp. 34,691,325,446. Berdasarkan hasil tersebut, model usulan memberikan penghematan biaya sebesar Rp. 2,158,525,460 atau menghemat 6%.

Rancangan Usulan Model Kebijakan Pengisian Kembali Persediaan

Secara garis besar penelitian ini dilakukan untuk memberikan rekomendasi kebijakan pengisian kembali persediaan produk HC pada gudang Mega DC. Berdasarkan analisis keunggulan pada poin sebelumnya, model usulan memberikan hasil yang lebih baik daripada model yang saat ini berjalan. Dari hasil tersebut, peneliti mengusulkan untuk melakukan *trial* selama 16 minggu rancangan usulan kebijakan pengisian kembali persediaan yang meliputi beberapa hal sebagai berikut:

1. Menggantikan kebijakan sebelumnya yang berupa *periodic review* menjadi *continuous review*. Hal ini perlu dilakukan karena item-item tersebut termasuk pada produk *fast moving*.
2. Menggantikan kebijakan pemesanan dari yang sebelumnya ukuran pemesanan yang bervariasi menjadi tetap sesuai model usulan.

Pada poin kedua, dalam menentukan ukuran pemesanan tidak semata-mata langsung dapat diterapkan sesuai perhitungan ukuran pemesanan optimal pada model usulan. Terdapat kebijakan perusahaan mengenai tingkat utilisasi truk yang harus dipenuhi sebelum barang dikirim. Jika utilisasi penggunaan truk kurang dari 85%, maka pengiriman tersebut harus ditunda ke pengiriman berikutnya.

Tabel 11 merupakan perhitungan utilisasi truk jika menggunakan ukuran pemesanan sesuai perhitungan model. Dalam model usulan tersebut hanya menggunakan truk dengan kapasitas 32 pallet.

Tabel 11 Perhitungan Utilisasi Truk

SKU	Q Optimal	Jumlah Truk	Utilisasi Truk
20228327	301	10	41%
62040691	271	9	47%
62040693	389	13	16%
21075850	472	15	75%
21075858	564	18	63%
62039041	1259	40	34%
21075849	513	17	3%
67015383	1357	43	41%
21152839	278	9	69%
62040692	470	15	69%

Berdasarkan hasil pada tabel diatas, didapatkan bahwa utilisasi truk untuk masing-masing item dibawah 85% sehingga harus dilakukan penyesuaian agar semua item dapat terangkut tanpa adanya penundaan. Peneliti mengusulkan untuk menyesuaikan ukuran truk. Penyesuaian ukuran truk lebih mudah untuk dilakukan karena tidak merubah ukuran pemesanan optimal untuk masing-masing item.

Diketahui bahwa pada sistem nyata terdapat dua ukuran truk yang bisa digunakan yaitu truk kapasitas 32 pallet dan 52 pallet. Pada sistem nyata, truk 32 pallet lebih banyak digunakan oleh perusahaan. Pada penelitian ini peneliti mengusulkan untuk melakukan *mixing* antara truk berkapasitas 32 pallet dan 52 pallet. Jika diketahui biaya sewa 1 truk 52 pallet adalah Rp. 3.000.000 per truk, maka proporsi tiap tipe truk yang digunakan untuk mengangkut masing-masing item dapat dicari dengan mengikuti algoritma dibawah ini.

Keterangan:

Q^*_m = Ukuran pemesanan optimal (Q) berdasarkan perhitungan algoritma 2.3

a_m = Jumlah pallet item m yang diangkut dengan truk kapasitas 32 pallet

b_m = Jumlah truk kapasitas 32 pallet untuk mengangkut item m

c_m = Utilisasi truk kapasitas 32 pallet untuk mengangkut item m

d_m = Jumlah pallet item m yang diangkut dengan truk kapasitas 52 pallet

e_m = Jumlah truk kapasitas 52 pallet untuk mengangkut item m

f_m = Utilisasi truk kapasitas 52 pallet untuk mengangkut item m

U = Utilisasi minimal truk dapat diangkut

Berikut ini merupakan usulan algoritma dalam menentukan jumlah truk optimal untuk masing-masing tipe truk pada tiap item.

Langkah 1: Mencari nilai r dan Q yang meminimasi ekspektasi total biaya sistem persediaan dengan menggunakan algoritma 2.3.

Langkah 2: Set $d_m = Q^*_m$; $U = 85\%$

Langkah 3: Let $a_m = Q^*_m - d_m$;

$$b_m = \text{RoundUp} \left(\frac{a_m}{32} \right);$$

$$c_m = 1 - \frac{[(b_m \times 32) - a_m]}{32};$$

$$e_m = \text{RoundUp} \left(\frac{d_m}{52} \right);$$

$$f_m = 1 - \frac{[(e_m \times 52) - d_m]}{52}$$

Langkah 4: Jika $\{c_m, f_m\} \geq U$, berhenti. Jika tidak, lanjut ke langkah selanjutnya.

Langkah 5: $d_m = d_m - 1$. Lanjut ke langkah ke-3

Tabel 12 merupakan rincian kebutuhan truk untuk setiap item setelah dilakukan penyesuaian.

Tabel 12 Kebutuhan Truk Setelah Penyesuaian

SKU	Q^*	(a) (pallet)	(b) (buah)	(c)	(d) (pallet)	(e) (buah)	(f)
20228327	301	93	3	91%	208	4	100%
62040691	271	63	2	97%	208	4	100%
62040693	389	28	1	88%	361	7	94%
21075850	472	60	2	88%	412	8	92%
21075858	564	0	-	100%	564	11	85%
62039041	1259	63	2	97%	1,196	23	100%
21075849	513	0	-	100%	513	10	87%
67015383	1357	60	2	88%	1,297	25	94%
21152839	278	124	4	88%	154	3	96%
62040692	470	60	2	88%	410	8	88%

Berdasarkan hasil pada tabel 12, utilitas truk pada setiap item pada masing-masing jenis truk sudah lebih dari 85%. Hasil ekspektasi total biaya sistem persediaan untuk model kebijakan usulan yang sudah memenuhi kebijakan utilisasi truk terdapat pada tabel 13.

Tabel 13 Ekspektasi Total Biaya Persediaan Kebijakan Usulan

SKU	c(r,Q) (Rp)	Biaya Truk 32 pallet (Rp)	Biaya Truk 52 pallet (Rp)	Total Biaya (Rp)
20228327	209,771	6,600,000	12,000,000	18,809,771
62040691	219,988	4,400,000	12,000,000	16,619,988
62040693	203,840	2,200,000	21,000,000	23,403,840
21075850	269,517	4,400,000	24,000,000	28,669,517
21075858	272,388	0	33,000,000	33,272,388
62039041	504,281	4,400,000	69,000,000	73,904,281
21075849	276,559	0	30,000,000	30,276,559
67015383	397,613	4,400,000	75,000,000	79,797,613
21152839	199,727	8,800,000	9,000,000	17,999,727
62040692	268,816	4,400,000	24,000,000	28,668,816
TOTAL	2,822,500	39,600,000	309,000,000	351,422,500

Hasil perhitungan biaya pada tabel 13 menunjukkan angka Rp. 351,422,500 per hari, sehingga ekspektasi total biaya sistem persediaan selama 16 minggu adalah Rp. 28,113,799,986. Jika hanya menggunakan tipe truk 32 pallet saja, total biaya sistem persediaan selama 16 minggu adalah Rp. 32,532,799,986. Berdasarkan hasil tersebut, kebijakan *mixing* truk tersebut lebih murah daripada hanya menggunakan truk berkapasitas 32 pallet saja. Jika dibandingkan dengan kebijakan yang saat ini

digunakan oleh perusahaan, usulan kebijakan dengan *mixing truck* ini memberikan penghematan sebesar Rp. 6,577,525,460 atau sebesar 19%.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Kebijakan pengisian kembali persediaan yang saat ini digunakan oleh perusahaan adalah *periodic review* dengan melihat kondisi persediaan yang tersedia di gudang. Jika jumlah item yang tersedia di gudang kurang dari total *safety stock* ditambah *backorder*, maka akan dilakukan pemesanan sejumlah kekurangan item. Posisi persediaan ditinjau sebanyak 4 kali dalam sehari. Kebijakan ini menghasilkan utilisasi gudang sebesar 164% dengan total biaya persediaan Rp. 34,691,325,446.

Model *Storage-Space Capacitated Inventory System with (r,Q) Policies* yang dikembangkan oleh Zhao, dkk (2007) dipilih sebagai dasar pengembangan kebijakan pengisian kembali persediaan. Beberapa pengembangan model yang dilakukan disesuaikan dengan struktur biaya dan kebijakan utilisasi truk pada perusahaan. Dari segi struktur biaya, biaya *backorder* model usulan dibagi menjadi biaya *fix backorder* dan biaya variabel *backorder*. Dari segi kebijakan utilisasi truk, diusulkan untuk menggunakan kebijakan *mixing truck* 32 pallet dan 52 pallet. Kebijakan ini menghasilkan nilai utilisasi gudang sebesar 66% dengan total biaya persediaan Rp. 28,113,799,986.

Parameter kinerja yang dibandingkan pada penelitian ini adalah tingkat utilisasi gudang dan total biaya sistem persediaan. Dari segi total biaya sistem persediaan selama 16 minggu untuk model usulan adalah Rp.28,113,799,986. Hasil tersebut memberikan penghematan biaya sebesar Rp. 6,577,525,460 atau menghemat 19% dari biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan saat ini. Sementara dari segi utilisasi gudang, model usulan menunjukkan nilai 66%. Hasil tersebut lebih baik dari utilisasi gudang saat ini yang mencapai 164%.

Saran yang dapat dijadikan masukan untuk penelitian selanjutnya adalah variabel waktu tunggu (*leadtime*) diasumsikan bervariasi setiap periodenya sehingga lebih menggambarkan keadaan sistem nyata, dan dilakukan pencatatan data yang akurat terhadap data-data yang masih diasumsikan pada penelitian ini. Data-data tersebut antara lain, data kebutuhan bahan bakar forklift, data waktu lembur staff dan operator gudang, serta data kertas yang dibutuhkan untuk mencetak *invoice*.

DAFTAR PUSTAKA

Ballou, R. H. (2007). The evolution and future of logistics and supply chain management.

European Business Review, Vol. 19 Issue: 4, 332-348.

Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Supply Chain Management, STRATEGY, PLANNING, AND OPERATION 5th Edition*. London: Pearson Education.

Christopher. (2005). *Logistics & Supply Chain Management: creating value-adding networks, 3rd Edition*. Pearson.

Fergany, H. A. (2016). Probabilistic multi-item inventory model with varying mixture shortage cost under restrictions. *SpringerPlus*.

Johnson, J. C., & Wood, D. F. (1993). *Contemporary Logistics, 5th Edition*. San Fransisco: Pearson.

Limansyah, T. (2011). Analisis Model Persediaan Barang EOQ dengan Mempertimbangkan Faktor Kadaluarsa dan Faktor All Unit Discount. *Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan*.

Monden, Y. (1983). *Toyota production system: practical approach to production management*.

Richardson, H. (1995). Control Your Costs then Cut Them. *Transportation & Distribution*.

Setyaningsih, S., & Basri, M. H. (2013). Comparison Continuous and Periodic Review Policy Inventory Management System Formula and Enteral Food Supply in Public Hospital Bandung. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, Vol. 4.

Singh, S. (2014). *Production and Operations Management*. New Delhi: Vikas Publishing House PVT.

Stevenson, W. J. (1999). *Production Operation Management*. McGraw-Hill.

Tersine, R. J. (1994). *Principles of Inventory and Materials Management 4th edition*. USA: Prentice Hall.

Toomey, J. (2000). *Inventory Management*. Springer US.

Zhao, X., Fan, F., Xiaoliang, L., & Jinxing, X. (2007). Storage-space capacitated inventory system with (r, Q) Policies. *Operation Research Vol. 55*, 854-865.