



Sistem Pengendali Inventori Supply Chain Dengan Pendekatan Probabilitas Pada Industri Pakaian

Mustafid^{a,*}, Alzena Dona Sabila^b, Suryono^c

^aDepartemen Statistika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro

^bProgram Studi Manajemen Informatika, PPD Polinema di Jepara

^cDepartemen Fisika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro

Naskah Diterima : 14 Maret 2018; Diterima Publikasi : 10 April 2018

DOI : 10.21456/vol8iss1pp17-24

Abstract

Inventory control systems have an important role in supply chain management to control process of production, inventory and distribution of products in accordance with rapidly changing consumer demand. The research aims to develop inventory control system on supply chain that can manage the number of production and supply of products based on variables of consumer demand and lead time. Supply chain inventory control systems are designed using model of supply chain inventory control within the information system framework. Model of inventory control using variable of demand lead time is designed by probability approach. Input to the system are data of demand and lead time sent by retail. The results of research provide theory of supply chain inventory control system with probability approach, especially on developing the theory of probability distribution for combined variables from two random variables of normal distributed. Inventory control system used to determine safety stock and reorder point as the basis for determining the replenishment stock. Furthermore by the system, supply chain management can manage the estimation of production number, and manage inventory and stock number of products in warehouse, supplier and retail in accordance with the consumer demand.

Keywords: Inventory control system; Supply chain; Probability approach; Safety stock; Reorder point

Abstrak

Sistem pengendali inventori mempunyai peran penting dalam manajemen supply chain untuk mengendalikan proses produksi, inventori dan distribusi produk sesuai dengan permintaan konsumen yang cepat berubah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengendali inventori pada supply chain yang dapat mengatur jumlah produksi dan pasokan produk berdasarkan variabel permintaan konsumen dan variabel waktu tunggu. Sistem pengendali inventori supply chain didesain menggunakan model pengendali inventori pada supply chain dalam kerangka sistem informasi. Model pengendali inventori menggunakan variabel permintaan waktu tunggu didesain dengan pendekatan probabilitas. Input untuk sistem adalah data permintaan dan data waktu tunggu yang dikirim oleh ritel. Hasil penelitian ini memberikan teori pada sistem pengendali inventori supply chain dengan pendekatan probabilitas, terutama pada pengembangan teori distribusi probabilitas untuk variabel gabungan dari dua variabel random berdistribusi normal. Sistem pengendali inventori digunakan untuk menentukan stok aman dan titik pemesanan kembali sebagai dasar penentuan pembaharuan stok. Selanjutnya dengan sistem ini, manajemen supply chain dapat menentukan jumlah produksi, dan mengatur alokasi inventori dan stok produk pada gudang, pemasok dan ritel sesuai dengan permintaan konsumen.

Kata kunci : Sistem pengendali inventori; Rantai pasokan; Pendekatan probabilitas; Stok aman; Titik pemesanan kembali

1. Pendahuluan

Saat ini, perkembangan industri pakaian semakin dinamis, dan menghadapi perubahan pasar yang semakin kompleks setiap harinya (Ciarniene dan Vienazindiene, 2014). Industri pakaian dihadapkan pada lingkungan yang ketat, kompetitif dan muncul adanya ketidakpastian sebagai akibat dari inovasi teknologi informasi dan perubahan kebutuhan pelanggan (Alzena *et al.*, 2018). Kondisi pasar industri pakaian yang dinamis dan kompleks berpengaruh

pada supply chain yang penuh dengan ketidakpastian dan sulit untuk diprediksi (Ni dan Fan, 2011).

Untuk menghadapi situasi pasar yang dinamis dan kompleks, industri pakaian harus dapat melakukan tindakan manajemen yang dapat mengendalikan sumberdaya perusahaan di semua mata rantai dengan memperhatikan mutu dari pemasok hingga pelanggan. Disamping itu, industri pakaian harus dapat menjalankan manajemen supply chain untuk dapat meningkatkan kinerja supply chain secara keberlanjutan (Jie *et al.*, 2016). Dalam hal ini

*) Penulis korespondensi: mustafid55@gmail.com

pengendalian inventori pada supply chain dapat digunakan untuk mendeteksi pengukuran kinerja pada setiap mata rantai dalam supply chain untuk memperoleh target dan tujuan bisnis dengan profitabilitas tertentu (Mustafid, 2012). Kinerja supply chain juga harus dievaluasi dengan memperhatikan sifat agilitas sesuai dengan perubahan pasar dan permintaan konsumen yang berubah secara dinamis (Mustafid *et al.*, 2018).

Pengendali inventori pada industri pakaian berperan untuk menjadikan manajemen supply chain lebih efektif dalam merespon dengan cepat adanya permintaan yang selalu berubah (Mustafid *et al.*, 2018). Penerapan pengendali inventori dapat menjadikan industri pakaian dapat bertahan dalam lingkungan yang mudah berubah, masa pakai produk yang singkat, dan tidak dapat diprediksi.

Permasalahan yang dihadapi pada industri pakaian antara lain bahwa tingkat permintaan konsumen yang lebih tinggi dari inventori akan berdampak pada kehabisan stok produk, dan berdampak secara langsung pada tingkat kurangnya kepuasan konsumen untuk mendapatkan produk sesuai dengan waktu yang diinginkan. Dalam hal ini, model pengendali inventori bertujuan agar dapat mengatasi adanya kekurangan ataupun kelebihan produk sesuai dengan kapasitas produksi dan inventori (Pazhani *et al.*, 2016).

Pengendalian inventori supply chain dapat didisain yang lebih adaptif untuk menyesuaikan dengan permintaan pasar atau konsumen yang sifatnya tidak menentu. Pengendalian inventori memiliki peran penting dalam pemantauan kondisi produk dalam berbagai tahapan pada alur distribusi pada supply chain (Alamri *et al.*, 2016). Pendekatan tradisional dalam memperkirakan varian permintaan waktu tunggu, dapat digunakan untuk perhitungan stock aman (Prak *et al.*, 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pengendali inventori pada sistem informasi supply chain yang berperan untuk mengatur jumlah produksi dan pasokan produk sesuai dengan kebutuhan pasar atau permintaan konsumen yang bersifat probabilistik. Pengaturan jumlah produksi dan pasokan produk dilakukan dengan menentukan ukuran parameter inventori, yaitu stok aman dan titik pemesanan kembali.

Sistem pengendali inventori pada supply chain dibangun menggunakan model distribusi probabilitas untuk permintaan waktu tunggu sebagai variabel gabungan berdasarkan karakteristik distribusi permintaan harian dan waktu tunggu selama beberapa periode. Dengan sistem pengendali inventori yang diperoleh dapat digunakan untuk mengatur jumlah produksi dan pasokan produk sesuai dengan permintaan konsumen yang bersifat probabilistik

2. Kerangka Teori

2.1. Sistem Pengendali Inventori Supply Chain

Sistem pengendali inventori supply chain (SPISC) berperan sebagai sarana untuk koordinasi dan pengawasan pasokan, penyimpanan, distribusi, dan pencatatan produk untuk menyiapkan jumlah stok yang memadai sesuai dengan permintaan atau kebutuhan konsumen. SPISC dibangun dalam kerangka sistem informasi supply chain yang terdiri dari arus informasi berupa data permintaan dan arus material berupa pasokan produksi dan produk (Mustafid *et al.*, 2018).

Dasar disain SPISC menggunakan model pengendali inventori dengan input data permintaan dan waktu tunggu yang bersifat probabilistik. SPISC bertujuan juga mengatur produksi dan pasokan produk berdasarkan penentuan stok aman dan titik pemesanan kembali untuk pembaharuan stok produk sesuai dengan kebutuhan pasar atau permintaan konsumen. Data permintaan konsumen merupakan dasar dalam pengendalian inventori.

Dua parameter yang menjadi dasar dalam SPISC adalah stok aman (safety stock) dan titik pemesanan kembali (reorder point). Stok aman digunakan oleh manajemen logistik untuk menggambarkan tingkat stok ekstra yang dipertahankan untuk mengurangi risiko kekurangan stok atau kehabisan stok (*stockout*) karena adanya ketidakpastian permintaan. Stok aman yang memadai memungkinkan operasi bisnis berjalan sesuai dengan perencanaan. Stok aman diadakan pada saat ada ketidakpastian dalam permintaan, penawaran, atau hasil produksi.

Titik pemesanan kembali (ROP) didefinisikan sebagai jumlah terendah inventori suatu barang sebelum dilakukan pemesanan kembali (Muller, 2003). Jika saat posisi inventori berada di titik terendah, maka titik pemesanan kembali dilakukan untuk memenuhi target inventori di level pemesanan kembali. Nilai stok aman dihasilkan bersifat dinamis, dan hanya diperbarui pada setiap periode permintaan waktu tunggu, bukan setiap hari (Rawat dan Altiok, 2008).

2.2. Variabel Permintaan Waktu Tunggu

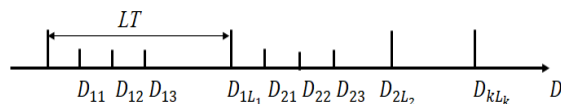
SPISC didisain menggunakan model pengendali inventori pada supply chain menggunakan beberapa variabel utama, yaitu: permintaan (*demand*) dengan notasi D , waktu tunggu (*lead time*) dengan notasi LT , dan permintaan waktu tunggu (*lead time demand*) dengan notasi LTD . Permintaan merupakan jumlah produk yang diinginkan oleh pasar atau konsumen dapat bersifat deterministik dan probabilistik. Dalam hal variabel permintaan bersifat probabilistik pada umumnya merupakan variabel random yang saling bebas. Waktu tunggu merupakan waktu penundaan antara awal waktu titik pemesanan kembali (tingkat stok memulai pesanan) sampai dengan waktu memerlukan ketersediaan stok baru. Permintaan

waktu tunggu merupakan jumlah produk yang diinginkan oleh pelanggan pada waktu tunggu dalam periode waktu tertentu.

Permintaan waktu tunggu didefinisikan sebagai jumlah permintaan harian D dalam waktu tunggu L , dinyatakan dengan variabel random :

$$X_L = D_1 + D_2 + \dots + D_L = \sum_{l=1}^L D_l \tag{1}$$

dimana variabel permintaan harian D_i ; $i = 1, 2, \dots, L$ merupakan deretan variabel random yang saling bebas dan terdistribusi secara identik, L adalah waktu tunggu yang bersifat variabel random. Variabel permintaan harian dan variabel waktu tunggu juga diasumsikan saling bebas. Jika waktu tunggu bersifat deterministik, maka variabel permintaan waktu tunggu mengikuti sifat variabel permintaan harian.



Gambar 1. Variabel permintaan (D) dan waktu tunggu (LT)

Permintaan harian D dengan waktu tunggu sebanyak k diberikan pada Gambar 1 dinyatakan dengan:

$$D_{ij}; j = 1, 2, 3, \dots, L_i; i = 1, 2, \dots, k,$$

Gambar 1 memperlihatkan variabel permintaan D_{ij} dan variabel waktu tunggu L_1, L_2, \dots, L_k . Selanjutnya, variabel permintaan waktu tunggu pada formula (1) dinyatakan dengan variabel random :

$$X_{L_i} = D_{i1} + D_{i2} + \dots + D_{L_i}$$

$$X_L = \sum_{i=1}^k X_{L_i}$$

Nilai rata-rata \bar{D} dan varian S_D^2 dari data permintaan D_i dihitung dengan formula:

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i \tag{2}$$

$$S_D^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2 \tag{3}$$

dimana D_1, D_2, \dots, D_N adalah data permintaan dengan $N = L_1 + L_2 + \dots + L_k$. Nilai rata-rata \bar{L} dan varian S_L^2 dari data waktu tunggu dihitung dengan formula:

$$\bar{L} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k L_i \tag{4}$$

$$S_L^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (L_i - \bar{L})^2 \tag{5}$$

dimana L_1, L_2, \dots, L_k adalah variabel waktu tunggu.

2.3. Pendekatan Probabilitas

Pendekatan probabilitas permintaan waktu tunggu (1) digunakan untuk membangun model pengendalian inventori menggunakan distribusi normal. Misalkan bahwa variabel random X sebagai variabel kontinyu mempunyai berdistribusi normal dengan mean μ dan varian σ . Maka fungsi probabilitas dari variabel X dinyatakan dalam bentuk:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2 \right], \quad -\infty < x < \infty \tag{6}$$

Penjabaran karakteristik dari distribusi normal diberikan oleh Mustafid (2017). Probabilitas variabel X dengan nilai kurang atau sama dengan nilai x dinyatakan dengan formula:

$$P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y-\mu}{\sigma} \right)^2 \right] dy \tag{7}$$

Dengan menggunakan fungsi densitas probabilitas (6), diperoleh mean dan varian dari variabel X :

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx = \mu \tag{8}$$

$$\text{Var}(X) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx = \sigma^2 \tag{9}$$

Jika variabel permintaan harian D dan variabel waktu tunggu L , masing-masing mempunyai fungsi distribusi normal dengan fungsi probabilitas (6), maka dengan formula (8) dan (9) dapat ditentukan mean dan varian dari variabel permintaan harian D dan waktu tunggu L :

$$E(D) = \mu_D \quad \text{dan} \quad \text{Var}(D) = \sigma_D^2 \tag{10}$$

$$E(L) = \mu_L \quad \text{dan} \quad \text{Var}(L) = \sigma_L^2 \tag{11}$$

Variabel permintaan D dan variabel waktu tunggu L , masing-masing dapat diestimasi dengan data observasi dari rata-rata observasi permintaan dan waktu tunggu. Nilai mean pada (10) dan nilai varian pada (11) dapat diestimasi dengan data observasi permintaan \bar{D} seperti pada (2) dan observasi waktu tunggu \bar{L} seperti pada (3). Oleh karena :

$$E(\bar{D}) = \mu_D \quad \text{dan} \quad E(S_D^2) = \sigma_D^2$$

$$E(\bar{L}) = \mu_L \quad \text{dan} \quad E(S_L^2) = \sigma_L^2$$

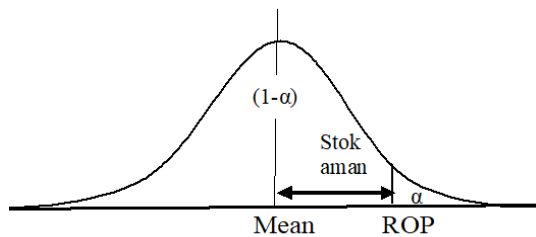
maka rata-rata \bar{D} merupakan sebuah estimator yang tak bias terhadap mean populasi μ_D seperti diberikan pada (10). Demikian juga rata-rata \bar{L} merupakan estimator yang tak bias terhadap mean populasi μ_L seperti diberikan pada (11).

Dengan menggunakan variabel permintaan D dan variabel waktu tunggu L yang masing-masing sebagai variabel random dan saling bebas, dapat ditentukan variabel permintaan waktu tunggu (1) dengan menggabungkan variabel permintaan D dan variabel waktu tunggu L menjadi variabel X_L sebagai random majemuk (compound random variabel). Dengan mean dan varian dari variabel permintaan harian (10) dan variabel waktu tunggu (11), serta menggunakan sifat dari variabel random majemuk, maka didapatkan mean dan varian dari variabel majemuk X_L :

$$E(X_L) = E[\sum_{i=1}^L D_i] = \mu_L \mu_D \tag{12}$$

$$\text{Var}(X_L) = E[X_L - E(X_L)]^2 = \mu_L \sigma_D^2 + \sigma_L^2 \mu_D^2 \tag{13}$$

Selanjutnya akan diselidiki distribusi untuk variabel permintaan waktu tunggu X_L . Oleh karena variabel permintaan D dan variabel waktu tunggu L masing-masing sebagai variabel yang saling bebas, terdistribusi secara identik dan memiliki distribusi normal, maka dengan formula (10), (11) dan (12), (13), variabel majemuk permintaan waktu tunggu X_L memiliki distribusi normal dengan mean $\mu_L \mu_D$ dan varian $\mu_L \sigma_D^2 + \sigma_L^2 \mu_D^2$. Kurva distribusi dari variabel X_L diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva distribusi normal dengan ukuran stok aman dan ROP

Pembuatan model pengendali inventori pada supply chain menggunakan pendekatan probabilitas dengan formula (7). Dengan menetapkan agar permintaan waktu tunggu $X_L \leq ROP$, dan dengan menggunakan Gambar 2, dapat ditentukan probabilitas stok habis dengan probabilitas paling kecil $1 - \alpha$, yaitu :

$$P(X_L \leq ROP) \geq 1 - \alpha$$

Jika menggunakan $\alpha = 0,05$, yang berarti bahwa

$$P(X_L \leq ROP) \geq 1 - 0,05 = 0,95.$$

Dengan menggunakan kurva distribusi normal seperti pada Gambar 2, dan berdasarkan interval keyakinan pada distribusi normal untuk stok aman dengan tingkat signifikansi 95%, diperoleh:

$$ROP = E(X_L) + z_\alpha \sqrt{Var(X_L)} \\ = \mu_L \mu_D + z_\alpha \sqrt{\mu_L \sigma_D^2 + \sigma_L^2 \mu_D^2} \quad (14)$$

dimana z_α adalah variabel normal standar. Sehingga dengan Gambar 2, diperoleh:

$$\text{Stok aman} = z_\alpha \sqrt{\mu_L \sigma_D^2 + \sigma_L^2 \mu_D^2} \quad (15)$$

Selanjutnya dilakukan uji hipotesis yang menyatakan bahwa data permintaan dan data waktu tunggu memenuhi asumsi distribusi normal. Karena data yang digunakan adalah data kontinyu, maka dapat digunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Uji distribusi normal Kolmogorov Smirnov (K-S) didasarkan pada fungsi distribusi kumulatif empiris dari data observasi sebagai data sampel (Mustafid, 2017). Misalkan diberikan data observasi X_1, \dots, X_n dengan jumlah observasi sebanyak n . Distribusi kumulatif dari data observasi dinyatakan dengan formula:

$$F_n(x) = \frac{1}{n} [\text{jumlah observasi} \leq x]$$

Sebagai uji statistika menggunakan statistika Kolmogorov-Smirnov dengan formula:

$$D_n = \sup_x |F_n(x) - F(x)| \quad (16)$$

dimana $F(x)$ adalah distribusi kumulatif dari distribusi yang dihipotesiskan, yaitu distribusi normal. Uji hipotesis statistika menggunakan pernyataan;

H_0 : data sampel berdistribusi normal,

H_1 : data sampel tidak berdistribusi normal.

Keputusan uji hipotesis dilakukan dengan menggunakan daerah kritis atau daerah penolakan, yaitu bahwa H_0 ditolak pada taraf signifikansi α , jika $D_n > D_{(n,1-\alpha)}$, dimana $D_{(n,1-\alpha)}$ merupakan nilai kritis untuk uji Kolmogorov Smirnov satu sampel. Keputusan uji tersebut dapat menggunakan p -value

sebagai level terkecil, dimana data tersebut signifikan dalam kurva distribusi normal (Montgomery, 2009). Dalam hal ini, H_0 ditolak jika pada level signifikansi $\alpha \geq p$ -value, atau sebaliknya, H_0 diterima jika $\alpha \leq p$ -value.

3. Metode

Prosedur penelitian diawali dengan identifikasi masalah pada industri pakaian dengan mengambil studi kasus di Kudus. Berdasarkan hasil identifikasi masalah dibuat disain SPISC. Input sistem berupa data permintaan dan data waktu tunggu yang dikirim oleh ritel berdasarkan permintaan konsumen. Pada tahap ini, dilakukan juga kajian lebih detail mengenai variabel yang dipakai dalam disain SPISC. Selanjutnya langkah-langkah penelitian meliputi disain dan penerapan SPISC, serta pengolahan dan analisis data hasil penerapan SPISC pada industri pakaian.

Data permintaan produk harian dalam bentuk data histori dapat berupa data penjualan. Data permintaan atau data penjualan harian diambil dari permintaan konsumen pada sejumlah ritel. Data input sistem diambil selama 105 hari pada bulan April sampai dengan Juni 2016, dan dikelompokkan ke dalam 8 waktu tunggu seperti diberikan pada Tabel 1. Permintaan harian dan waktu tunggu merupakan variabel yang bersifat probabilistik.

Perhitungan stok aman menggunakan penggabungan variabel permintaan harian dan waktu tunggu menjadi permintaan waktu tunggu atau *lead time demand*. Dalam teori statistika, variabel gabungan dinamakan *compound variabel*. Variabel permintaan waktu tunggu merupakan variabel random, dimana distribusi dari variabel gabungan ditentukan berdasarkan penggabungan distribusi variabel permintaan harian dan distribusi waktu tunggu.

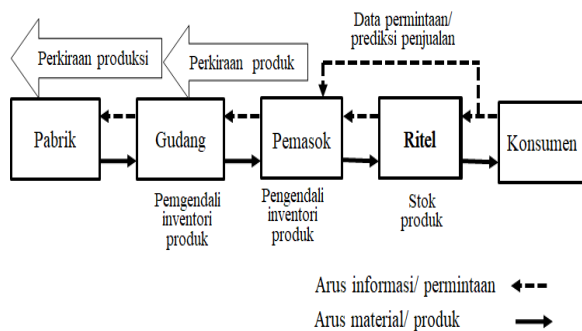
Perubahan pada inventori produk karena adanya permintaan konsumen atau transaksi konsumen pada ritel dipantau melalui informasi permintaan pada supply chain yang dikirim oleh ritel setiap harinya. Data permintaan tersebut menjadi input sistem, kemudian diproses untuk menghasilkan *output* berupa perkiraan stok aman dan ukuran titik pemesanan kembali sebagai dasar untuk melakukan jumlah pembaharuan stok yang berguna untuk mengatur jumlah produk dan distribusi produk sesuai dengan jumlah permintaan.

Pengiriman data penjualan diterima oleh sistem, selanjutnya diolah untuk menghitung stok aman dan titik pemesanan kembali sebagai output sistem. Output sistem tersebut merupakan bahan pengambilan keputusan apakah harus dilakukan distribusi kembali atau tidak, dan sebagai informasi mengenai perencanaan kebutuhan produksi dengan target waktu.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil

SPISC didisain menggunakan model pengendali pada supply chain dalam kerangka sistem informasi supply chain dengan input data permintaan harian dan waktu tunggu. Hasil desain SPISC diberikan pada Gambar 3, dengan input sistem berupa data observasi permintaan harian dan waktu tunggu diberikan pada Tabel 1. Input sistem berupa data permintaan dari konsumen yang ditampung pada ritel dan seterusnya diakses kedalam basis data sistem yang dilakukan oleh administrator dan ritel. Basis data sistem didisain sebagai basis data terintegrasi dalam SPISC.



Gambar 3. Sistem pengendali inventori supply chain

Gambar 3 memperlihatkan bahwa data permintaan konsumen atau ritel merupakan dasar untuk membuat perkiraan jumlah produk yang diproduksi. Perkiraan jumlah produk dan perkiraan inventori produk ditentukan berdasarkan stok aman dan titik pemesanan kembali. Web administrator, memiliki fasilitas *entry* data master yang digunakan untuk memperkirakan pengelolaan stok produk untuk perencanaan bahan baku yang dibutuhkan dalam memproduksi sejumlah produk yang direncanakan. Pihak ritel mengirimkan data permintaan dan data penjualan sesuai dengan kode produk dan jumlah yang terjual. Aktivitas ini dilakukan dengan menggunakan perangkat mobile seperti SMS/ WA yang dilakukan setiap hari.

Rakapitulasi data permintaan, waktu tunggu dan stok awal diberikan pada Tabel 1, dan hasil komputasi parameter dari data permintaan dan waktu tunggu diberikan pada Tabel 2. Profil data permintaan harian diberikan pada Gambar 4, sedangkan profil data waktu tunggu diberikan pada Gambar 5. Berdasarkan profil pada Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa data permintaan harian dan waktu tunggu bersifat probabilistik. Menggunakan formula (2), (3), (4), (5), (12) dan (13), dapat dihitung nilai rata-rata, varian dan deviasi standar dari permintaan, waktu tunggu dan permintaan waktu tunggu seperti diberikan pada Tabel 2.

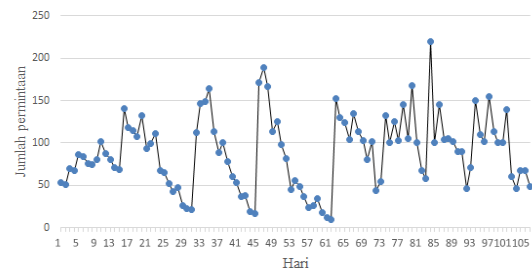
Tabel 1. Data permintaan dan stok awal

	Waktu tunggu	Rata-rata permintaan harian	Jumlah Permintaan	Stok awal
L ₁	14	75	1054	1200
L ₂	16	79	1264	1346
L ₃	14	76	1066	1282
L ₄	17	74	1258	1304
L ₅	11	104	1141	1246
L ₆	10	111	1105	1305
L ₇	10	107	1073	1400
L ₈	13	97	1261	1527

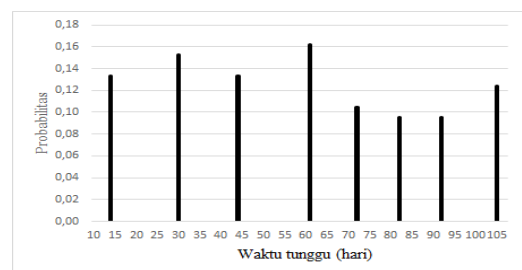
Tabel 2. Parameter permintaan dan waktu tunggu

Parameter	Jumlah permintaan	Waktu tunggu	Permintaan waktu tunggu
Rata-rata	89	13	1.167
Varian	1.841	6,98	79.345
Deviasi standar	43	2,64	282

Pendekatan probabilitas digunakan untuk mengetahui distribusi probabilitas variabel permintaan waktu tunggu. Untuk membuktikan bahwa data permintaan harian dan data waktu tunggu memiliki distribusi normal digunakan uji distribusi normal *Kolmogorov-Smirnov* dengan statistika pengujian diberikan pada (16). Data permintaan yang diambil dari data observasi memenuhi asumsi saling bebas dan terdistribusi secara identik.



Gambar 4. Permintaan harian selama 105 hari



Gambar 5. Waktu tunggu

Uji *Kolmogorov-Smirnov* diperoleh bahwa untuk uji distribusi normal pada variabel permintaan harian didapatkan *p-value* = 0,200. Dengan menggunakan $\alpha = 0,05$, dan oleh karena *p-value* = 0,200 > $\alpha = 0,05$, sehingga menerima H_0 , yang berarti bahwa data permintaan harian berdistribusi normal. Demikian juga untuk data observasi waktu tunggu, diperoleh *p-value* = 0,200. sehingga menerima H_0 , yang berarti

bahwa data observasi waktu tunggu juga berdistribusi normal.

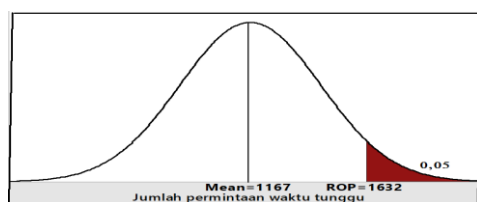
Selanjutnya, menggunakan input data permintaan dan data waktu tunggu, dan formula (15) diperoleh:

$$\text{Stok aman} = 465$$

Dan dengan formula (14) diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= \mu_L \mu_D + z_\alpha \sqrt{\mu_L \sigma_D^2 + \sigma_L^2 \mu_D^2} \\ &= 1167 + 465 \\ &= 1632. \end{aligned}$$

Hasil komputasi parameter pada sistem pengendali inventori divisualisasikan dengan output berupa kurva distribusi normal yang memperlihatkan adanya mean, stok aman dan titik pemesanan kembali (ROP) seperti diberikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Output stok aman dan ROP

Dalam pengendalian inventori pada supply chain, dilakukan pemantauan stok pada supply chain atas dasar pengecekan pada status stok terkini. Stok terkini dihitung dengan:

$$\text{Stok terkini} = \text{Stok awal} - \text{jumlah permintaan}$$

Berdasarkan data permintaan, maka pada akhir waktu tunggu dapat dilakukan perhitungan stok terkini (akhir), yaitu stok awal pada awal waktu tunggu dikurangi jumlah permintaan waktu tunggu. Selanjutnya hasil stok terkini dibandingkan dengan stok aman.

Pengadaan stok dilakukan pada kebutuhan ritel untuk produk berdasarkan beberapa aturan yaitu:

- Tidak dilakukan pengadaan persediaan, jika jumlah persediaan produk terkini lebih besar dibandingkan jumlah persediaan stok aman produk, yaitu:

$$IP - LTD > SS$$

- Jika jumlah persediaan terkini lebih kecil dibandingkan jumlah persediaan stok aman, maka akan dilakukan permintaan pengadaan produk, dengan jumlah permintaan Q menggunakan formula:

$$Q = SS - IP + LTD \quad (17)$$

dimana IP adalah posisi stok terkini, LTD adalah jumlah permintaan pada waktu tunggu, SS adalah stok aman produk, sedangkan Q merupakan jumlah permintaan produk (Rawat dan Altiok, 2008). Menggunakan formula (17), maka jumlah pengiriman stok sebanyak:

$$\begin{aligned} Q &= SS - IP + LTD \\ &= 465 - 266 + 1261 \\ &= 1460 \text{ pcs} \end{aligned}$$

Tabel 3. Pemantauan stok dengan stok aman = 465

Waktu tunggu	Stok terkini	Keterangan
L ₁	14	Segera stok
L ₂	16	Segera stok
L ₃	14	Segera stok
L ₄	17	Segera stok
L ₅	11	Segera stok
L ₆	10	Segera stok
L ₇	10	Segera stok
L ₈	13	Segera stok

Pemantauan stok dilakukan dengan melihat output sistem seperti diberikan pada Tabel 3. Tabel 3 mendeskripsikan, jika stok terkini lebih besar dari stok aman, maka stok dalam kondisi aman, artinya tidak dilakukan pembaharuan stok. Namun sebaliknya jika stok terkini lebih kecil dari stok aman, maka stok dalam kondisi awas, artinya harus segera dilakukan pembaharuan stok, dengan stok minimal adalah titik pemesanan kembali (ROP).

4.2. Pembahasan

Distribusi probabilitas untuk variabel permintaan waktu tunggu yang diperoleh digunakan untuk menentukan jumlah stok aman dan titik pemesanan kembali. Output SPISC divisualisasikan salah satunya dalam bentuk kurva distribusi normal seperti pada Gambar 6, yang memperlihatkan hasil stok aman dan ukuran titik pemesanan kembali. Stok aman yang dihasilkan sistem dapat berfungsi sebagai penyangga dalam hal penjualan lebih besar dari yang direncanakan dan/ atau pemasok tidak dapat mengirimkan produk tambahan sebagaimana yang diharapkan.

Dengan SPISC, pemesanan kembali dapat ditempatkan pada saat level inventori mencapai titik pemesanan kembali. Selama waktu tunggu, stok produk dapat berada dalam risiko stok habis karena sifat permintaan yang probabilistik. Untuk menghindari stok habis dan biaya denda, manajemen inventori harus memiliki inventori yang cukup untuk memenuhi permintaan pada waktu tunggu.

Karena permintaan bersifat probabilistik, maka jumlah permintaan sering kali mengalami perubahan. Stok aman cenderung rendah ketika intensitas permintaan rendah, dan kadang kala harus menjaga stok aman, jika intensitas permintaan tinggi. Dengan demikian, stok aman dapat berubah secara dinamis. Untuk mengatasi hal ini, maka stok aman ditentukan untuk menutupi penyimpangan (deviasi) permintaan pada waktu (hari) tertentu, atau disebut sebagai *safety time* (Rawat dan Altiok, 2008).

Banyak penerapan pengendalian inventori dengan menetapkan stok aman pada manajemen inventori yang menggunakan asumsi bahwa permintaan dan waktu tunggu adalah deterministik (Rawat dan Altiok, 2008). Hal ini memberikan hasil yang belum tentu realistis. Jumlah permintaan untuk setiap periode waktu tertentu tidak diketahui sebelumnya, baik

jumlah permintaan atau kapan waktu permintaan. Waktu tunggu untuk pengiriman produk dapat berupa hal yang tidak merata dan tidak pasti, karena beberapa sebab, antara lain jumlah permintaan dengan waktu yang tidak menentu, kerusakan mesin, masalah kualitas atau transportasi.

Penelitian ini memberikan kontribusi baru pada pengembangan teori pada sistem pengendali inventori pada supply chain dalam kerangka sistem informasi dengan pendekatan statistika dan probabilitas. Kontribusi tersebut terutama pada pengembangan distribusi probabilitas untuk variabel gabungan dari dua variabel random dengan distribusi normal digunakan untuk menentukan stok aman sebagai dasar penentuan titik pemesanan kembali, sehingga dapat dilakukan pembaharuan stok sesuai dengan permintaan konsumen. Penelitian ini menggunakan variabel permintaan dan waktu tunggu secara probabilistik dengan menggunakan semua data pada periode tersebut sebagai bahan untuk analisis, dan hasilnya menjadi bahan pengambilan keputusan. Sehingga hasil proses komputasi stok aman dan titik pemesanan kembali memperhatikan semua data, baik data permintaan atau data waktu tunggu. Hasil ini selaras dengan hasil penelitian sebelumnya. Misalnya Roldan *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa mempelajari perilaku permintaan dan waktu tunggu adalah sangat penting untuk mencapai representasi sistem yang bermanfaat guna mengambil keputusan yang tepat.

Dalam beberapa kasus, penggunaan asumsi untuk data permintaan (misalnya harian) memiliki distribusi normal dapat menghasilkan hasil yang lebih sesuai. Namun asumsi distribusi normal pada permintaan waktu tunggu seringkali tidak realistis, terutama jika data permintaan per unit waktu atau waktu tunggu adalah variabel random. Dalam hal ini variabel permintaan waktu tunggu sebagai variabel majemuk memiliki distribusi probabilitas gabungan dan belum tentu berdistribusi normal.

Banyak peneliti melakukan penelitian pengembangan pada kebijakan inventori yang optimal dengan mengasumsikan bahwa permintaan sebagai variabel yang bersifat independen dan mengikuti distribusi tertentu (Hnaien dan Afsur, 2017; Cobb *et al.*, 2015). Pendekatan sederhana untuk memodelkan ketidakpastian dalam sistem inventori untuk data yang kontinyu adalah mengasumsikan bahwa data permintaan pada waktu tunggu berdistribusi normal (Rosseti dan Unlu (2011).

Dengan demikian, untuk menghindari stock-out dan untuk mencapai target atau level layanan yang lebih tinggi, perlu mengurangi ketidakpastian fluktuasi permintaan dengan perkiraan yang lebih akurat atau dengan menaikkan stok aman untuk memenuhi permintaan yang berfluktuasi (Korpanai, 2015). Meningkatnya stok aman dapat menghasilkan tingkat inventori rata-rata yang lebih tinggi dan biaya inventori yang lebih tinggi, namun pada saat yang

sama menurunkan risiko stok habis dan biaya denda. Peran SPISC untuk dapat menghasilkan keuntungan maksimal dengan investasi inventori yang minimal tanpa mengurangi tingkat kepuasan pelanggan atau tingkat pengisian permintaan atau pesanan.

5. Kesimpulan

Sistem pengendali inventori supply chain didisain menggunakan model pengendali inventori supply chain menggunakan variabel majemuk berupa permintaan waktu tunggu yang dibentuk dari variabel permintaan harian dan variabel waktu tunggu. Dalam penerapannya, SPISC dapat digunakan untuk menentukan jumlah stok aman dan titik pemesanan kembali sebagai parameter inventori yang digunakan untuk melakukan pembaharuan stok produk, sehingga dapat mengatur produksi dan pasokan produk sesuai dengan kebutuhan pasar atau permintaan konsumen.

Dengan diketahuinya distribusi probabilitas variabel gabungan, maka kedua parameter tersebut dapat diperoleh dari kurva distribusi normal dengan tingkat signifikansi $1-\alpha$. Selanjutnya, dengan menggunakan sifat-sifat pada kurva distribusi normal, dapat dihitung ukuran stok aman dan titik pemesanan kembali. Parameter pengendali inventori tersebut digunakan untuk menentukan perkiraan jumlah minimal untuk melakukan pembaharuan stok kembali.

Disain SPISC sebagai bagian inovasi dalam manajemen inventori melakukan pengendalian dua level pengendalian secara berkelanjutan. Pertama, pengendalian ukuran titik pemesanan kembali berdasarkan ukuran stok aman. Kedua, dapat menentukan kombinasi terbaik antara titik pemesanan kembali dan jumlah pesanan tetap yang didasarkan pada distribusi probabilitas permintaan waktu tunggu sebagai variabel gabungan dari distribusi permintaan harian dan distribusi waktu tunggu.

Penerapan SPISC dalam manajemen inventori, pihak manajemen dan ritel dapat melakukan pengendalian inventori dan stok, sehingga setiap saat dapat mengetahui status inventori dan stok produk, apakah dalam kondisi aman, status cadangan, atau awas. Dengan mengetahui status kondisi stok terkini, maka manajemen dapat dilakukan persiapan apakah perlu dilakukan pembaharuan stok, atau ritel membutuhkan persiapan dalam distribusi kembali dengan jumlah distribusi produk yang sesuai dengan level persediaan yang harus dicapai. Sistem pengendali inventori supply chain dapat diterapkan mulai dari awal saat melakukan fungsi pengadaan bahan baku sesuai dengan jumlah produk yang direncanakan, pembuatan produk hingga distribusi pengiriman produk untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.

Daftar Pustaka

- Alzena, D.S, Mustafid, Suryono, 2018. Inventory Control System by Using Vendor Managed Inventory (VMI). ICENIS 2017 E3S Web of Conferences 31, 11015..
- Ciarniene, R., dan Vienazindiene, M., 2014. Management of contemporary fashion industri: characteristics and challenges, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 156, 63-68.
- Cobb, B.R., Johnson, A.W., Rumí, R., Salmerón, A., 2015. Accurate Lead Time Demand Modeling and Optimal Inventory Policies in Continuous Review Systems. *International Journal of Production Economics* 163, 124-136.
- Hnaien, F., Afsar, H.M., 2017. Robust single-item lot-sizing problems with discrete-scenario lead time. *International Journal of Production Economics* 185, 223–229.
- Jie, F., Parton, K.A. and Mustafid, 2016. Supply chain performance flexibility in the Australian beef industri. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 19(4), 300-317.
- Korponai, J., Banyai, A., Illes, B., 2015. The Effect of the Demand-Changes on the Inventories, *Proceedings of the 26th DAAAM International Symposium*, 1068-1075.
- Muller, M., 2003. *Essentials of Inventory Management*, Amacom, New York.
- Montgomery, D.C., 2009. *Introduction to Statistical Quality Control*, 6th ed. John Wiley & Sons, Inc. : New Jersey, NJ.
- Mustafid, 2012. Business Intelligence Systems for High Performance Management. *Proceeding the 2nd International Seminar on New Paradigm and Innovation on Natural Science and its Application*. Semarang, 4 October 2012. 300-306.
- Mustafid, 2017. *Statistika dalam proyek six sigma*. Undip Press, Semarang.
- Mustafid, Ade Karimariza, S., Jie, F., 2017. Supply chain agility information systems with key factors for fashion industri competitiveness. *International Journal of Agile Systems and Management*, 10 (In Press).
- Ni, Y., dan Fan, F., 2011. A two-stage synamec sales forecasting model for the fasion retail, *Expert Systems with Applications* 38, 1529-1536.
- Pazhani, S., Ventur, J.A., Mendoza, A., 2016. A Serial Inventory System with Supplier Selection and Order Quantity Allocationconsidering Transportation Costs, *Applied Mathematical Modelling* 40(1),
- Prak, D., Teunter, R., Syntetos, A., 2016. On the calculation of safety stocks when demand is forecasted. *European Journal of Operational Research*, 256 (2), 454-461.
- Rawat, M., dan Altiok, T., 2008. Analysis of Safety Stock Policies in De-centralized Supply Chains, *International Journal of Production Research*.
- Roldán, R.F., Basagoiti, R. & Coelho, L.C., 2017. A survey on the inventory- routing problem with stochastic lead times and demands, *J. Appl. Log.*, 24 (A), 15-24.
- Rossetti, M.D., Unlu, Y., 2011. Evaluating the robustness of lead time demand models. *Int. J. Production Economics*, 134, 159-176.