

**OPTIMALISASI PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU  
CV. DIRGA EGGTRAY PINRANG MENGGUNAKAN MODEL  
PROBABILISTIK PADA KONDISI PEMESANAN ULANG DAN  
KEHILANGAN PENJUALAN**

***OPTIMIZATION OF RAW MATERIAL INVENTORY CONTROL  
CV. DIRGA EGGTRAY PINRANG USING PROBABILISTIK MODEL  
WITH BACKORDER AND LOSTSALES CONDITION***

**APRIZAL RESKY**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA TERAPAN  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**OPTIMALISASI PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU  
CV. DIRGA EGGTRAY PINRANG MENGGUNAKAN MODEL  
PROBABILISTIK PADA KONDISI PEMESANAN ULANG DAN  
KEHILANGAN PENJUALAN**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Matematika Terapan

Disusun dan diajukan oleh

APRIZAL RESKY

H022201003

kepada

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA TERAPAN  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

## TESIS

OPTIMALISASI PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU  
CV. DIRGA EGGTRAY PINRANG MENGGUNAKAN MODEL  
PROBABILISTIK PADA KONDISI PEMESANAN ULANG DAN  
KEHILANGAN PENJUALAN

APRIZAL RESKY

NIM: H022201003

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Matematika Terapan  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 16 Desember 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Prof. Dr. Aidawayati Rangkuti, M.S  
NIP. 19570705 190503 2 001

Dr. Georgina M. Tinungki, M.Si  
NIP. 19620926 198702 2 001

Ketua Program Studi  
Matematika Terapan S2

Dekan Fakultas MIPA  
Universitas Hasanuddin

Dr. Muhammad Zakir, M.Si  
NIP. 19640207 199103 1 013



Dr. Eng. Amiruddin, S.Si., M.Si  
NIP. 19720515 199702 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Optimalisasi Pengendalian Persediaan Bahan Baku CV. Dirga Eggtray Pinrang Menggunakan Model Probabilistik pada Kondisi Pemesanan Ulang dan Kehilangan Penjualan" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Prof. Dr. Aidawayati Rangkuti, M.S. sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Georgina M. Tinugki, M.Si. sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi (JMSK) sebagai artikel dengan judul "*Optimization of Raw Material Inventory Control CV. Dirga Eggtray Pinrang Using Probabilistik Model with Backorder and Lostsales Condition*".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 16 Desember 2021



*Aprizal Resky*  
Aprizal Resky  
Nim. H022201003

## Ucapan Terima Kasih

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala Rabb semesta alam, shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi yang paling dimuliakan, pemimpin orang-orang bertakwa yakni Rasulullah Shallallahu Alaihi Wasallam dan kepada para keluarga serta sahabat beliau yang senantiasa kita rindukan perjumpaan dengannya. Amma ba'du. Alhamdulillah wasy-sukurillah, semua kemudahan yang penulis dapatkan kita lepas dari pertolongan Allah dan doa dari orang-orang yang tulus, akhirnya tesis dengan judul "**Optimalisasi Pengendalian Persediaan Bahan Baku CV. Dirga Eggtray Pinrang Menggunakan Model Probablistik pada Kondisi Pemesanan Ulang dan Kehilangan Penjualan**" yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk meraih gelar magister pada Program Studi Matematika Terapan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin ini dapat diselesaikan meski dalam suasana Pandemi Covid-19 ini.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian tesis ini dengan segala keterbatasan kemampuan dan pengetahuan dapat melewati segala hambatan dan masalah berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis haturkan rasa terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya untuk orang tua penulis, Ayahanda **AKP. Muhammad Sukri**, ibunda **Melinda Aly** yang telah menjadi inspirasi, mendidik dan membesarkan penulis dengan bertabur cinta, kasih sayang, serta dengan ikhlas telah mengiringi setiap langkah penulis dengan doa dan dukungannya selama ini. Tak lupa pula kepada adik saya **Nabila Jihan Febrianty, Nadya Fiska Alivia dan Namira Fasha Aulia** terima kasih atas segala bentuk bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah diberikan kepada penulis. Serta untuk keluarga besar penulis, terima kasih atas doa dan dukungannya selama ini.

Penghargaan yang tulus, terima kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis ucapkan kepada Ibu **Prof. Dr. Dwia Aris Tina Pulubuhu, MA**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya dan Bapak **Dr. Eng Amiruddin, M.Si** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin serta seluruh jajarannya.

Bapak **Prof. Dr. Nurdin, S.Si., M.Si.** selaku Ketua Departemen Matematika, Bapak **Dr. Muhammad Zakir, M.Si.** selaku Ketua Program Studi

Matematika Terapan S2 dan segenap bapak dan ibu dosen serta staf Departemen Matematika, yang telah membekali ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Matematika.

Ibu **Prof. Dr. Aidawayati Rangkuti, M.S.** selaku dosen Pembimbing Utama dan ibu **Dr. Georgina M. Tinugki, M.Si.** selaku Pembimbing Pendamping, yang dengan sabar tulus, ikhlas meluangkan begitu banyak waktu di tengah berbagai kesibukan dan prioritasnya untuk membimbing dan memberikan masukan serta motivasi dalam penulisan skripsi ini.

Bapak **Prof. Dr. Syamsuddin Toaha, M.Sc.** selaku Dewan Penguji sekaligus penasehat akademik selama menempuh pendidikan magister. Terima kasih atas waktu yang telah diluangkan untuk memberikan nasihat, dukungan, doa, dan dengan setulus hati telah membimbing penulis selama menjalani pendidikan di Departemen Matematika. Serta Bapak **Dr. Muh. Nur, S.Si., M.Si** dan Bapak **Dr. Hendra, S.Si., M.Kom** selaku Dewan Penguji. Terima kasih atas waktu yang telah diluangkan dan memberikan kritikan yang membangun dalam penyempurnaan penulisan tesis ini.

Untuk keluarga besar **KMF MIPA Unhas, Himatika FMIPA Unhas, MIPA 2016, ALGORITMA 2016**, dan kakak-kakak seperjuangan **S2 Matematika Terapan 2020-1** serta kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih karena selalu kebersamai disetiap momen yang ada dan memberikan cambukan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini demi menjadi insan yang berilmu.

Penulis

Aprizal Resky

## ABSTRAK

Pada penelitian ini membahas tentang perbandingan model pengendalian persediaan bahan baku CV. Dirga Eggtray Pinrang. Diawali dengan melakukan peramalan persediaan untuk 12 periode kedepan menggunakan beberapa variasi metode peramalan *time series*, dimana metode regresi linear memberikan hasil peramalan yang akurat dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 1,9371%. Model probabilistik pengendalian persediaan yang digunakan adalah model probabilistik sederhana, model *Continuous Review System* (CRS) dan model *Periodic Review System* (PRS) pada kondisi pemesanan ulang dan kehilangan penjualan. Model CRS pada kondisi pemesanan ulang merupakan model yang memberikan biaya total paling minimum yaitu sebesar Rp. 969.273.706,20 per tahun dibanding model probabilistik lainnya dengan selisih terbesar yaitu Rp. 1.291.814,95 per tahun dengan jumlah pemesanan optimum  $q_0^* = 9072,65$  kg, *reorder level*  $r^* = 14621,74$  kg dan besarnya *safety stock*  $ss = 164,70$  kg.

**Kata Kunci:** *time series, continuous review system, periodic review system*

## ABSTRACT

This research discusses about the comparison of raw material inventory control CV. Dirga Eggtray Pinrang. It starts with forecasting inventory for the next 12 periods using variations of the time series forecasting method, where the linear regression method provides accurate forecasting results with a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value of 1,9371%. The probabilistik models of inventory control used are simple probabilistik model, Continuous Review System (CRS) model, and Periodic Review System (PRS) model. The CRS model with backorder condition is a model that provides the minimum cost of Rp. 969.273.706,20 per year compared to other probabilistik model with the largest difference of Rp. 1.291.814,95 per year, with the optimum number of order  $q_0^* = 9072,65$  kg, reorder level  $r^* = 14621,74$  kg and safety stock  $ss = 164,70$  kg.

**Keywords:** *time series, continuous review system, periodic review system*

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Riset Operasi.....	6
2.2 Persediaan .....	7
2.2.1 Fungsi dan Tujuan Persediaan .....	7
2.2.2 Jenis-jenis Persediaan.....	8
2.2.3 Biaya Dalam Persediaan .....	9
2.3 Peramalan.....	9
2.3.1 Metode Peramalan Deret Waktu ( <i>Time Series</i> ).....	10
2.3.2 Kesalahan Peramalan .....	12
2.4 Formulasi <i>Safety Stock</i> .....	13
2.5 Model Pengendalian Persediaan Probabilistik .....	15
2.6 Model Pengendalian Persediaan <i>Continuous Review System</i> .....	15
2.7 Model <i>Continuous Review System</i> pada Kondisi Pemesanan ulang....	18
2.7.1 Formulasi Model CRS.....	18
2.7.2 Solusi Model CRS dengan Metode Hadley-Within pada Kondisi Pemesanan ulang.....	23
2.8 Model <i>Continuous Review System</i> Kondisi Kehilangan Penjualan.....	24
2.8.1 Formulasi Model CRS.....	24
2.8.2 Solusi Model CRS dengan Metode Hadley-Within pada Kondisi Kehilangan Penjualan.....	25
2.9 Model Pengendalian Persediaan <i>Periodic Review System</i> .....	26

2.10	Model <i>Periodic Review System</i> pada Kondisi Pemesanan ulang.....	27
2.10.1	Formulasi Model PRS.....	27
2.10.2	Solusi Model PRS dengan Metode Hadley-Within pada Kondisi Pemesanan ulang.....	31
2.11	Model <i>Periodic Review System</i> pada Kondisi Kehilangan Penjualan...	32
2.11.1	Formulasi Model PRS.....	32
2.11.2	Solusi Model PRS dengan Metode Hadley-Within pada Kondisi Kehilangan Penjualan.....	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		35
3.1	Identifikasi Masalah .....	35
3.2	Objek Penelitian .....	35
3.3	Sumber Data .....	35
3.4	Tahapan Penelitian.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
4.1	Pendeskripsian Data.....	37
4.1.2	Identifikasi Pola Historis Data Persediaan Kardus .....	38
4.1.3	Biaya Persediaan .....	38
4.1.4	Pengujian Distribusi Data Persediaan Kardus .....	41
4.2	Peramalan Persediaan Bahan Baku.....	43
4.2.1	Metode Single Moving Average (SMA) .....	43
4.2.2	Metode Weighted Moving Average (WMA).....	45
4.2.3	Metode Single Exponential Smoothing (SES).....	46
4.2.4	Metode Regresi Linear .....	48
4.2.5	Metode Winter Holt's Trend .....	50
4.3	Parameter Perhitungan Biaya Persediaan .....	54
4.4	Hasil dengan Model Probabilistik Sederhana.....	54
4.5	Hasil dengan Menggunakan Model <i>Continuous Review System</i> .....	56
4.5.1	Hasil Perhitungan Hadley-Within Model <i>Continuous Review System</i> Kondisi Pemesanan ulang .....	56
4.5.2	Hasil Perhitungan Hadley-Within Model <i>Continuous Review System</i> Kondisi Kehilangan Penjualan .....	59
4.6	Hasil dengan Menggunakan Model <i>Periodic Review System</i> .....	61
4.6.1	Hasil Perhitungan Hadley-Within Model <i>Periodic Review System</i> Kondisi Pemesanan Ulang .....	61
4.6.2	Hasil Perhitungan Hadley-Within Model <i>Periodic Review System</i> Kondisi Pemesanan Ulang .....	67
4.7	Analisa Hasil Perhitungan.....	73

4.7.1	Analisa Peramalan .....	73
4.7.2	Analisa Perhitungan dengan Model Probabilistik Sederhana.....	74
4.7.3	Analisa Perhitungan dengan Model <i>Continuous Review System</i> ...	75
4.7.4	Analisa Perhitungan dengan Model <i>Periodic Review System</i> .....	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		77
5.1	Kesimpulan.....	77
5.2	Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....		79
LAMPIRAN .....		81
	Lampiran I.....	82
	Lampiran II.....	83
	Lampiran III.....	85

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan globalisasi, suatu perusahaan harus memenuhi permintaan konsumen yang selalu berubah dengan menawarkan berbagai macam produk. Sistem persediaan dipelajari untuk memahami pergerakan barang melalui fase yang berbeda dengan siklus manufaktur secara sistematis (Mahapatra, A.S., et al, 2021). Salah satu tujuan utama perusahaan dalam mengelola aset (persediaan) adalah untuk memaksimalkan profitabilitas dari investasi mereka untuk menghasilkan keuntungan (San-Jose, et al, 2021).

Masalah persediaan melibatkan hampir setiap bidang pada industri manufaktur dan bisnis. Manajemen persediaan telah menjadi bagian yang tak terelakkan dalam manufaktur, distribusi dan infrastruktur ritel karena di pasar dunia saat ini setiap orang ingin mempertahankan diri di puncak yang memerlukan kebijakan persediaan yang dirumuskan dengan baik dan sempurna, dan sebagai hasilnya sekarang telah banyak orang melakukan penelitian mengenai sistem persediaan (Nath, B.K. & Sen, N., 2021).

Sistem persediaan adalah sekumpulan kebijakan yang diterapkan untuk memelihara dan mengontrol tingkat persediaan. Sistem memutuskan kapan stok persediaan harus dipesan ulang, dan seberapa besar pesanan harus dilakukan (Kulkarni, S. & Rajhans, 2012). Secara umum, menurut (Rangkuti, A., 2013) biaya sistem persediaan adalah semua pengeluaran dan kerugian yang timbul sebagai akibat adanya persediaan. Biaya-biaya yang digunakan dalam analisis persediaan adalah biaya penyimpanan (*holding cost*), biaya pengadaan (*procurement cost*), biaya pembuatan (*setup cost*), dan biaya kekurangan (*stockout cost*).

Persoalan pengendalian persediaan adalah bagaimana cara mengatur persediaan optimum, yaitu model pengendalian persediaan deterministik dan probabilistik. Model deterministik adalah model yang menganggap parameter persediaan diketahui secara pasti sedangkan model probabilistik adalah model yang digunakan apabila salah satu dari permintaan, *lead time* atau keduanya belum diketahui secara pasti dan bersifat distribusi normal (Pulungan, D. S. & Erika, F., 2018). Dalam sistem persediaan model *Continuous Review System*, kebijakan pemesanan paling banyak digunakan adalah kebijakan (s, Q) atau biasa

dikenal sebagai kebijakan *Two-Bin*. Dalam hal ini barang yang simpan dapat hilang, rusak, atau menjadi tidak berguna setelah waktu yang acak selama waktu tunggu (Radhamani, V., et al, 2021). Maka diperlukan adanya perhitungan pada kondisi pemesanan ulang dan kehilangan penjualan untuk menghindari kerusakan yang menimbulkan adanya kerugian yang besar.

Penelitian mengenai teori persediaan untuk penyelesaian biaya pengendalian persediaan bahan baku sudah banyak dilakukan. Seperti yang dilakukan oleh (Pulungan, D. S. & Erika, F., 2018), pada penelitiannya dilakukan analisis pengendalian persediaan menggunakan 2 metode dengan kebijakan pemesanan ulang dan kehilangan penjualan. Penelitian yang dilakukan adalah menganalisis berbagai aspek yang berkaitan dengan sistem dan biaya persediaan yang digunakan oleh perusahaan dengan menggunakan data historis perusahaan selama 12 periode.

Berbeda dengan (Lestari, N., 2018), dalam penelitiannya mengenai pengendalian pengadaan bahan bakar menggunakan model probabilistik *Continuous Review System* dengan melakukan peramalan menggunakan data historis perusahaan selama 12 periode. Penelitian yang dilakukan oleh (Lestari, N., 2018) bertujuan untuk mengetahui model persediaan probabilistik mana yang baik digunakan dalam penentuan waktu dan jumlah pemesanan batu bara dengan mempertimbangkan total biaya persediaan yang minimum. Dari hasil penelitiannya diperoleh pengendalian persediaan *Continuous Review System* pada kondisi pembelian kembali untuk bahan bakar batu bara memiliki *reorder level* sebesar 59643,445 ton, jumlah pemesanan (Q) ketika dilakukan pemesanan sebesar 2243,886 ton dengan biaya persediaan optimum sebesar Rp. 1.276.524.804.

Selanjutnya, (Ekawati, Y., 2019) melakukan penelitian pengendalian persediaan menggunakan model probabilistik *Continuous Review System* dalam mengoptimalkan biaya persediaan. Dalam penelitiannya membahas tentang perencanaan dan pengendalian penyediaan air minum dalam kemasan (AMDK). Salah satu model yang jumlah pesanannya optimum dan kapan pesanan dibuat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Continuous Review System* pada kondisi pemesanan ulang (*back order*) merupakan model yang baik digunakan untuk pengendalian persediaan karton kotak AMDK cup 220 ml karena memiliki total biaya persediaan minimum yaitu Rp. 5.785.666.284 per tahun dengan tingkat

*reorder level* sebesar 1001 ikat dengan jumlah pemesanan (Q) ketika dilakukan pemesanan 759 ikat serta besarnya cadangan pengaman (ss) 423 ikat.

Kemudian (Indriani, 2020) dalam penelitiannya melakukan analisis penerapan model *Continuous Review System* dan *Periodic Review System* dalam perencanaan persediaan alat suntik PT. Anugerah Pharmindo Lestari. Dalam menentukan jumlah pemesanannya, peneliti langsung menggunakan data perusahaan berdasarkan pengalaman yang pasti untuk memenuhi permintaan tanpa melakukan peramalan terlebih dahulu dan tanpa memperhatikan kondisi pembelian kembali dan kehilangan penjualan. Dari hasil penelitian ini total biaya optimum diperoleh dengan menggunakan model *Periodic Review System* tanpa terjadinya kekurangan sebesar Rp. 1.650.701.672 per tahun.

Selanjutnya, akan dilakukan penelitian dengan melakukan peramalan perencanaan pengendalian persediaan bahan baku untuk beberapa periode kedepan. Dengan menggunakan data historis perusahaan yang lebih lama yaitu 24 periode ke belakang agar mengurangi tingkat *error* dalam peramalan. Kemudian melakukan perhitungan dengan kondisi pemesanan ulang (*back order*) dan kehilangan penjualan (*lost sales*) dengan solusi *Hadley-Within* menggunakan 3 jenis model pengendalian probabilistik yaitu model probabilistik sederhana, *Continuous Review System* dan *Periodic Review System* untuk perencanaan pengendalian biaya persediaan bahan baku pada CV. Dirga Eggtray Pinrang yang dituangkan dalam tugas akhir dengan judul “**Optimalisasi Pengendalian Bahan Baku CV. Dirga Eggtray Pinrang Menggunakan Model Probabilistik Pada Kondisi Pemesanan Ulang dan Kehilangan Penjualan**”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengendalian persediaan bahan baku CV. Dirga Eggtray Pinrang dengan solusi *Hadley-Within* menggunakan model probabilistik sederhana, *Continuous Review System* dan *Periodic Review System* pada kondisi pemesanan ulang dan kehilangan penjualan dalam mengoptimalkan biaya persediaan?
2. Berapa biaya pengendalian persediaan minimum bahan baku CV. Dirga Eggtray Pinrang dengan solusi *Hadley-Within* model probabilistik sederhana, *Continuous Review System* dan *Periodic Review System*

pada kondisi pemesanan ulang dan kehilangan penjualan dalam mengoptimalkan biaya persediaan?

3. Metode mana yang baik diterapkan pada perusahaan agar biaya pengendalian persediaan minimum, apakah dengan model probabilistik sederhana, *Continuous Review System* atau *Periodic Review System*?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Sesuai dengan permasalahan yang diajukan sebelumnya maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis bagaimana pengendalian persediaan bahan baku CV. Dirga Eggtray Pinrang dengan solusi Hadley-Within menggunakan model probabilistik sederhana, *Continuous Review System* dan *Periodic Review System* pada kondisi pemesanan ulang dan kehilangan penjualan dalam mengoptimalkan biaya persediaan.
2. Untuk menentukan hasil total biaya persediaan dengan solusi Hadley-Within menggunakan model model probabilistik sederhana, *Continuous Review System* dan *Periodic Review System* pada kondisi pemesanan ulang dan kehilangan penjualan dalam mengoptimalkan biaya persediaan.
3. Untuk menentukan metode mana yang baik diterapkan pada perusahaan untuk memperlancar dan memperoleh biaya pengendalian persediaan yang minimum untuk mengatasi pengendalian persediaan bahan baku CV. Dirga Eggtray Pinrang.

### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan-batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini membahas perencanaan dan pengendalian persediaan bahan baku.
2. Peramalan dilakukan untuk 12 periode kedepan yaitu bulan April 2021 – April 2022 dengan data historis yang digunakan 24 periode sebelumnya yaitu Maret 2019 – Maret 2021.

## 1.5 Manfaat Penulisan

Penulisan penelitian ini pada dasarnya diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai pertimbangan metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah pengendalian persediaan.
2. Bagi akademisi, penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi dan wawasan teoritis khususnya tentang pengendalian persediaan.
3. Dapat menggunakan metode tersebut bilamana menemukan permasalahan pengendalian persediaan.
4. Membantu perusahaan dalam mengoptimalkan biaya pengendalian persediaan bahan baku menggunakan model *Continuous Review System* pada kondisi pemesanan ulang – kehilangan penjualan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Riset Operasi

Definisi riset operasi menurut Miller dan Star adalah peralatan manajemen yang memaduserasikan ilmu pengetahuan, matematika dan logika dalam pemecahan masalah secara optimum. Secara umum dapat diartikan bahwa riset operasi berkaitan erat dengan sistem pengambilan keputusan yang optimum (*optimum decision support system*) yang dimulai dengan penyusunan model dari sistem-sistem masalah yang dihadapi, baik yang bersifat deterministik maupun probabilistik yang berasal dari kehidupan nyata.

Secara khusus, beberapa masalah yang dapat diselesaikan dengan Teknik riset operasi adalah seperti:

1. Pemrograman linear berhasil digunakan dalam penugasan personil, pencampuran bahan-bahan, pengelolaan distribusi-transportasi, termasuk portofolio investasi;
2. Pemrograman dinamik berhasil digunakan dalam perencanaan pembelanjaan iklan, pendistribusian usaha penjualan, dan penjadwalan produksi;
3. Teori antrian berhasil dalam mereduksi kemacetan lalu lintas, mesin pelayanan, penentuan tingkat tenaga pelayan, penjadwalan produksi, dan operasi di rumah sakit;
4. Teori persediaan berhasil juga digunakan untuk menentukan jumlah permintaan produksi oleh konsumen dalam kurun waktu tertentu;
5. Pada tahun 1958 dasar-dasar konsep jaringan kerja (*network*) digunakan oleh kantor proyek khusus Angkatan Laut Amerika (*US Navy*) dengan bantuan konsultan bisnis terkemuka yaitu Booz, Allen, dan Hamilton (Rangkuti A., 2013).

## 2.2 Persediaan

Persediaan adalah segala sesuatu yang meliputi semua barang atau bahan yang diperlukan dalam proses produksi yang digunakan untuk proses lebih lanjut atau dijual. Salah satu alasan diadakannya persediaan karena sumber daya tertentu tidak langsung ada ketika sumber daya tersebut dibutuhkan. Adanya persediaan yang siap digunakan untuk menjamin ketersediaan sumberdaya tersebut. Namun terdapat konsekuensi dengan adanya persediaan salah satunya yaitu kemungkinan terjadinya kerusakan pada persediaan sebelum digunakan. Adanya penyimpanan persediaan menyebabkan munculnya biaya-biaya.

Persediaan dalam produksi diartikan sebagai sumberdaya yang menganggur untuk menunggu proses lebih lanjut, seperti suatu kegiatan produksi pada sistem manufaktur dan kegiatan pemasaran dalam sistem distribusi. Selain itu dikatakan juga sebagai barang yang disimpan dan akan digunakan untuk memenuhi suatu tujuan tertentu, misalnya barang proses produksi, barang dijual kembali, dan barang suku cadang dari suatu peralatan. Dalam sistem manufaktur, persediaan terdiri atas tiga jenis yaitu:

1. Bahan baku adalah bahan input awal yang digunakan dalam proses menjadi suatu produk;
2. Barang setengah jadi adalah bentuk peralihan antara bahan baku dengan produk setengah jadi;
3. Barang jadi adalah hasil akhir proses yang siap dipasarkan kepada konsumen.

### 2.2.1 Fungsi dan Tujuan Persediaan

Fungsi utama dari persediaan adalah menjamin kelancaran mekanisme pemenuhan permintaan barang sesuai dengan kebutuhan konsumen sehingga sistem yang dikelola dapat mencapai kinerja (*performance*) yang optimum (Rangkuti, A. 2013).

Menurut Sulaiman F., & Nanda (2015), dikatakan bahwa fungsi persediaan dapat dilihat dari empat faktor, yaitu:

1. Fungsi *Decoupling*  
*Decoupling* adalah persediaan yang memungkinkan perusahaan dapat memenuhi permintaan pelanggan tanpa tergantung *supplier*.

## 2. Fungsi *Economic lot sizing*

Persediaan *lot sizing* ini perlu mempertimbangkan penghematan atau potongan pembelian, biaya pengangkutan per-unit menjadi lebih mudah sebagainya, karena perusahaan melakukan pembelian dalam kuantitas yang lebih besar dibandingkan biaya-biaya yang timbul karena besarnya persediaan.

## 3. Fungsi Antisipasi

Sebuah perusahaan mengalami fluktuasi permintaan diperkirakan dan diramalkan berdasarkan pengalaman atau data-data masa lalu yaitu permintaan musiman, yaitu perusahaan dapat mengadakan persediaan musiman.

Menurut Rangkuti A (2013) Pada industri manufaktur terdapat divisi berbeda dan memiliki tujuan pengendalian persediaan yang berbeda pula, yaitu:

1. Menghilangkan resiko keterlambatan barang tiba dan untuk memenuhi permintaan;
2. Memungkinkan pembelian atas dasar jumlah ekonomis;
3. Pemasaran ingin melayani konsumen secepat mungkin sehingga menginginkan persediaan dalam jumlah yang banyak;
4. Produksi beroperasi secara efisien.

### 2.2.2 Jenis-jenis Persediaan

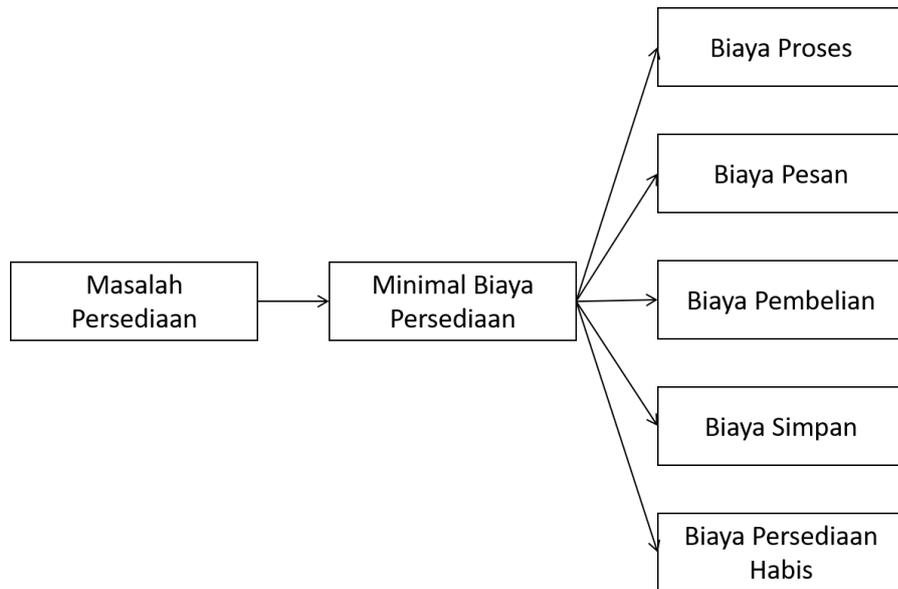
Menurut Sulaiman, F. & Nanda (2015), dikatakan bahwa pada sebuah perusahaan produksi terdapat berbagai jenis persediaan barang yaitu:

1. Persediaan bahan baku yang dapat diperoleh dari sumber alam atau dibeli dari para *supplier* atau dibuat sendiri oleh perusahaan untuk digunakan dalam produksi selanjutnya.
2. Persediaan suku cadang adalah persediaan barang-barang yang terdiri dari komponen-komponen yang diperoleh perusahaan lain, dimana secara langsung dapat dirakit menjadi suatu produk.
3. Bahan pembantu adalah persediaan barang-barang yang diperlukan dalam proses produksi tetapi tidak merupakan bagian atau komponen barang jadi.
4. Barang dalam proses adalah persediaan barang-barang yang diperlukan dalam proses produksi atau yang telah menjadi suatu bentuk tetapi masih perlu diproses lebih lanjut menjadi barang jadi.

5. Barang jadi adalah persediaan barang yang telah selesai diproses atau diolah dalam pabrik dan siap jual atau dikirim kepada pelanggan.

### 2.2.3 Biaya Dalam Persediaan

Secara umum biaya sistem persediaan adalah semua pengeluaran dan kerugian yang timbul sebagai akibat adanya persediaan. Tujuan yang hendak dicapai dalam penyelesaian masalah persediaan adalah meminimumkan biaya total persediaan. Berikut diagram alir dari masalah persediaan dapat dilihat pada Gambar 2.1. (Rangkuti, A., 2013):



Gambar 2.1 Biaya Masalah Persediaan

### 2.3 Peramalan

Peramalan merupakan teknik dalam mengestimasi kejadian di masa yang akan datang menggunakan data-data masa lalu dengan beberapa aspek tergantung apa yang akan diestimasi. Pada kegiatan perencanaan peramalan produksi dimulai dengan melakukan peramalan-peramalan untuk terlebih dulu mengetahui apa dan berapa yang perlu diproduksi pada waktu yang akan datang. Situasi kehabisan persediaan menghasilkan biaya kekurangan jangka pendek karena penjualan terlewat, sedangkan persediaan berlebih menghasilkan biaya persediaan jangka pendek karena kerusakan dan inefisiensi operasional (Ulrich, M., et al, 2019).

Pada bidang perencanaan dan pengendalian produksi dilakukan peramalan mengenai permintaan. Peramalan permintaan merupakan tingkat

permintaan produk-produk yang diharapkan akan tercapai untuk jangka waktu yang akan datang. Peramalan permintaan ini digunakan untuk meramalkan permintaan dari produk jadi. Dengan menggunakan kumpulan data yang lebih besar dapat meningkatkan variabel pelengkap yang dapat menghasilkan prediksi permintaan yang lebih akurat (Alemsan, N., et al, 2021). Dengan demikian, peramalan ini merupakan masukan yang sangat penting dalam keputusan perencanaan produksi bagian operasional produksi. Permintaan akan suatu produk pada perusahaan merupakan hasil dari beberapa faktor yang ada diantara konsumen seperti siklus bisnis dan siklus hidup produk dan faktor lainnya (Ekawati, 2019).

### 2.3.1 Metode Peramalan Deret Waktu (*Time Series*)

Sebagian besar perusahaan menyimpan data permintaan dan membuat prakiraan permintaan secara berkala, sedangkan banyak proses permintaan dalam pengendalian persediaan memerlukan peramalan yang tepat pada tingkat pelanggan individu (Prak, D., et al, 2021). Untuk memperkirakan parameter proses permintaan waktu secara kontinu dari data permintaan periode pada suatu perusahaan masih kurang, sehingga perlu menentukan peramalan yang tepat untuk mengatasi hal tersebut. Menurut (Gusdian, E., et al, 2016), terdapat beberapa metode peramalan dalam deret waktu (*time series*) yang dapat digunakan dalam meramalkan permintaan, antara lain:

#### 1. *Single Moving Average* (SMA)

Peramalan dengan teknik *moving average* melakukan perhitungan terhadap nilai data yang paling baru sedangkan data yang tua atau lama akan dihapus. Nilai rata-rata dihitung berdasarkan jumlah data, yang angka rata-rata bergerak ditentukan dari harga 1 sampai nilai  $n$  data yang dimiliki. *Moving average* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$SMA = \sum \frac{t_i}{n}, \quad i = 1, \dots, n. \quad (2.1)$$

Keterangan:

$t_i$  = data periode ke –  $i$ ;

$n$  = data periode bergerak.

#### 2. *Weighted Moving Average* (WMA)

Jika dalam perhitungan peramalan banyak digunakan data terbaru dari data yang lama maka peramalannya lebih bisa diindikasikan. WMA menggunakan sejumlah data aktual permintaan yang baru untuk membangkitkan nilai

ramalan untuk permintaan dimasa yang akan datang. WMA akan efektif diterapkan apabila permintaan terhadap produk diasumsikan stabil sepanjang waktu. Rumus WMA sebagai berikut:

$$WMA = \frac{\sum(\text{bobot periode } n) \times (\text{permintaan periode } n)}{\sum(\text{bobot})} \quad (2.2)$$

### 3. *Single Exponential Smoothing* (SES)

Metode peramalan SES digunakan pada pola data yang tidak stabil atau perubahan besar. Apabila galat ramalan positif maka metode pemulusan eksponensial meningkatkan nilai ramalannya. Sebaliknya, apabila galat ramalan adalah negatif maka menurunkan nilai ramalan. Proses penyesuaian ini berlangsung secara terus menerus, kecuali galat ramalan telah mencapai nol. Peramalan menggunakan metode SES mempunyai rumus sebagai berikut:

$$f_t = f_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - f_{t-1}). \quad (2.3)$$

Keterangan:

$f_t$  = nilai ramalan untuk periode waktu ke  $t$ ;

$\alpha$  = konstanta pemulusan;

$f_{t-1}$  = nilai ramalan untuk satu periode waktu yang lalu,  $t - 1$ ;

$A_{t-1}$  = nilai ramalan untuk satu periode waktu yang lalu,  $t - 1$ .

### 4. Regresi Linear

Metode regresi linear seringkali dipakai untuk memecahkan masalah-masalah dalam penaksiran. Hal ini berlaku juga dalam peramalan sehingga metode regresi linear menjadi suatu metode yang mempunyai taksiran terbaik diantara metode-metode yang lain. Metode regresi linear dipergunakan sebagai metode peramalan apabila pola historis dari data aktual permintaan menunjukkan adanya suatu kecenderungan menaik dari waktu ke waktu. Persamaan dari metode ini adalah sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum x \sum y^2 - \sum y \sum xy}{n \sum y^2 - (\sum y)^2}, \quad (2.4)$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum y^2 - (\sum y)^2}, \quad (2.5)$$

dan

$$\hat{y} = a + by. \quad (2.6)$$

Keterangan:

$b$  = kemiringan dari persamaan garis lurus;

$a$  = perpotongan dengan sumbu tegak;

$x$  = variabel permintaan;

$y$  = indeks waktu;

$\hat{y}$  = nilai peramalan permintaan pada periode  $t$ .

#### 5. Winter Holt's Trend Method

Model Winter menggunakan trend dari Holt dimana model ini dimulai dengan perkiraan trend. Berikut persamaan pada peramalan ini:

$$F_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)(f_{t-1} + T_{t-1}), \quad (2.7)$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}, \quad (2.8)$$

dan

$$f_{t+1} = F_{t-1} + T_{t-1}. \quad (2.9)$$

Keterangan:

$F_t$  = rata – rata eksponensial pada periode  $t$ ;

$T_t$  = perkiraan trend pada periode  $t$ ;

$f_t$  = peramalan penyesuaian trend.

#### 2.3.2 Kesalahan Peramalan

Ada beberapa perhitungan yang biasa digunakan untuk menghitung kesalahan dalam peramalan. Ada tiga perhitungan paling umum digunakan sebagai berikut (Gusdian, E., et al, 2016):

##### 1. Mean Absolute Deviation (MAD)

MAD adalah nilai yang dihitung dengan mengambil jumlah nilai absolut dari setiap kesalahan peramalan dibagi dengan jumlah periode ( $n$ ). Rumus untuk menghitung MAD adalah sebagai berikut:

$$MAD = \frac{\sum |x_t - f_t|}{n}. \quad (2.10)$$

Keterangan:

$x_t$  = data aktual pada periode  $t$ ;

$f_t$  = nilai peramalan pada periode  $t$ ;

$n$  = jumlah data.

## 2. Mean Square Error (MSE)

MSE adalah metode lain yang digunakan untuk mengevaluasi metode peramalan. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. Rumus untuk menghitung MSE adalah sebagai berikut:

$$MSE = \sum_{t=1}^n \frac{|x_t - f_t|^2}{n}. \quad (2.11)$$

## 3. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata periode itu. Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besar variabel ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan peramalan. Nilai MAPE dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|x_t - f_t|}{f_t}. \quad (2.12)$$

Kemampuan peramalan sangat baik jika memiliki MAPE kurang dari 10% dan mempunyai kemampuan peramalan yang jika nilai MAPE kurang dari 20%.

## 2.4 Formulasi Safety Stock

*Safety stock* merupakan persediaan yang disiapkan untuk mengantisipasi adanya perbedaan antara peramalan dan permintaan aktual antara *lead time* yang diharapkan dan *lead time* aktualnya dan peristiwa yang tidak terduga lainnya. Hubungan antara besar kemungkinan terjadinya kekurangan inventori dan tingkat pelayanan ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{D_L - N}{D_L}, \\ &= 1 - \frac{N}{D_L}. \end{aligned} \quad (2.13)$$

dimana:

$\eta$  = tingkat pelayanan;

$N$  = ekspektasi permintaan yang tak terpenuhi (jumlah kekurangan inventori);

$D_L$  = ekspektasi permintaan selama waktu ancap-ancang  $L$ ;

$N/D_L$  = persentase permintaan yang tak terpenuhi.

Besarnya  $N$  akan dipengaruhi oleh jumlah inventori yang dimiliki pada saat pemesanan dilakukan ( $r$ ), jumlah permintaan selama waktu anjang-ancang ( $x$ ) dan fungsi kepadatan probabilitas  $f(x)$ . Hubungan  $N$  dengan faktor yang mempengaruhinya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$N = \int_r^{\infty} (x - r)f(x)dx. \quad (2.14)$$

dimana:

$r$  = jumlah inventori pada saat pemesanan dilakukan;

$x$  = variabel acak permintaan barang selama periode  $L$ ;

$f(x)$  = fungsi kepadatan probabilitas variabel acak  $x$ .

Menurut Hadley dan Within (1963), bila  $f(x)$  merupakan fungsi kepadatan normal dengan standar deviasi  $S_L$  maka  $N$  dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$N = \frac{S_L}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[\frac{(-z_\alpha)^2}{2}\right] - \frac{S_L z_\alpha}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_\alpha}^{\infty} \exp\left[\frac{(-z_\alpha)^2}{2}\right] dz. \quad (2.15)$$

Dalam hal ini  $z_\alpha$  dapat dinyatakan dengan:

$$z_\alpha = \frac{r - D_L}{S_L}. \quad (2.16)$$

Jika:

$$f(z_\alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[\frac{(-z_\alpha)^2}{2}\right], \text{ dan}$$

$$\Psi(z_\alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_\alpha}^{\infty} \exp\left[\frac{(-z_\alpha)^2}{2}\right] dz,$$

besarnya ekspektasi kekurangan barang  $N$  dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$N = S_L[f(z_\alpha) - z_\alpha\Psi(z_\alpha)]. \quad (2.17)$$

Nilai  $z_\alpha$  dapat dilihat pada **Lampiran I** sedangkan nilai  $f(z_\alpha)$  dan  $\Psi(z_\alpha)$  selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran II**. Selanjutnya dengan menggunakan transformasi  $z$  besarnya cadangan pengaman ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$ss = z_{\alpha} + S_L. \quad (2.18)$$

Keterangan:

ss = safety stock;

$z_{\alpha}$  = nilai z pada distribusi normal standar untuk tingkat  $\alpha$ ;

$S_L$  = standar deviasi lead time.

## 2.5 Model Pengendalian Persediaan Probabilistik

Pengendalian persediaan berkaitan dengan mendukung keputusan operasional tentang kapan dan berapa banyak yang harus dipesan untuk masing-masing unit penyimpanan, serta suku cadang dan bahan yang digunakan untuk menghasilkan produk (Goltsos, T. E., et al, 2021).

Secara umum model pengendalian terbagi dua yaitu model pengendalian deterministik dan model pengendalian probabilistik. Model pengendalian deterministik adalah model yang menganggap semua parameter telah diketahui dengan pasti. Untuk menghitung pengendalian persediaan deterministik digunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) yang merupakan model persediaan yang sederhana. Model ini bertujuan untuk menentukan ukuran pemesanan yang paling ekonomis yang dapat meminimasi biaya-biaya dalam persediaan. Model-model lain yang dapat digunakan dalam persediaan deterministik antara lain: *Production Order Quantity* (POQ), *Lot Sizing*, dan *Back Order* inventori. Sedangkan model persediaan probabilistik adalah model yang digunakan apabila salah satu dari permintaan, *lead time*, atau keduanya tidak dapat diketahui dengan pasti (Lahu, E. P. & Jacky, S. B., 2017).

Model pengendalian persediaan probabilistik ada tiga yaitu probabilistik sederhana, model *Periodic Review System* yang memiliki aturan bahwa tiap pemesanan bersifat reguler pada rentang periode yang tetap dan kuantitas pemesanan berbeda-beda *Continuous Review System* (CRS) yang memiliki ukuran (kuantitas) pemesanan dan waktu pemesanan bervariasi. Kriteria yang digunakan dalam menentukan metode pengendalian persediaan terbaik adalah minimasi biaya inventori total masa perencanaan.

## 2.6 Model Pengendalian Persediaan *Continuous Review System*

Model CRS berkaitan dengan penentuan besarnya operasi dan persediaan pengaman, pada model ini tidak menetapkan terlebih dahulu tingkat pelayanannya. Pada metode ini dianalisis untuk dapat mengetahui perhitungan

jumlah pesanan, persediaan pengaman, titik pemesan kembali, dan total biaya persediaan (Kholil, M., et al, 2020).

Model CRS memecahkan persoalan persediaan probabilistik dengan memandang bahwa posisi barang yang tersedia di gudang sama dengan posisi barang pada sistem deterministik dengan menambahkan cadangan pengaman (Lestari, N., 2018). Asumsi yang digunakan pada inventori probabilistik *Continuous Review System* pada prinsipnya hampir sama dengan model inventori probabilistik sederhana kecuali pada masalah tingkat pelayanan. Kalau pada inventori probabilistik sederhana tingkat pelayanan ditetapkan sedangkan dalam model CRS tingkat pelayanan akan dicari optimalisasinya. Selengkapnya asumsi yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Permintaan selama horison perencanaan bersifat probabilistik dan berdistribusi normal dengan rata-rata ( $D$ ) dan deviasi standar ( $S$ ).
2. Ukuran lot pemesanan ( $q_0$ ) konstan untuk setiap kali pemesanan, barang akan datang secara serentak dengan waktu anjang-ancang ( $L$ ), pesanan dilakukan pada saat inventori mencapai titik pemesanan ( $r$ ).
3. Harga barang ( $p$ ) konstan terhadap kuantitas barang yang dipesan maupun waktu.
4. Ongkos pesan ( $A$ ) konstan untuk setiap kali pemesanan dan ongkos simpan ( $h$ ) sebanding dengan harga barang dan waktu penyimpanan.
5. Ongkos kekurangan inventori ( $c_u$ ) sebanding dengan jumlah barang yang tidak dapat dilayani atau sebanding dengan waktu pelayanan (tidak bergantung pada jumlah kekurangan).

Komponen model yang dimaksud disini meliputi kriteria kinerja, variabel keputusan, dan parameter seperti diuraikan berikut ini.

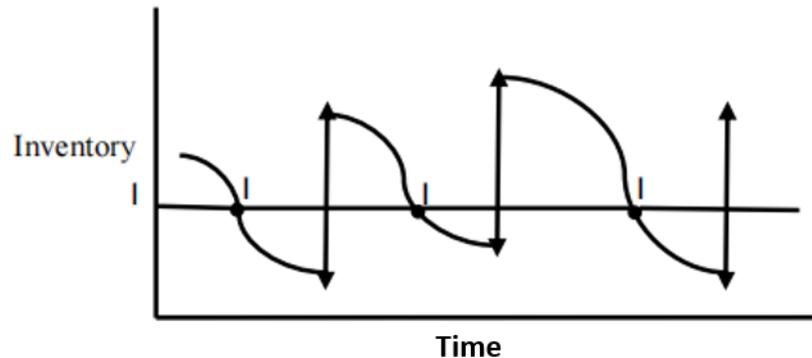
#### 1. Kriteria Kinerja

Dalam mencari jawab  $q_0$  yang optimum, kriteria kinerja yang menjadi fungsi tujuan dari model CRS adalah minimasi ongkos total inventori ( $O_T$ ) selama horison perencanaan dengan mengoptimasikan pula tingkat pelayanan.

#### 2. Variabel Keputusan

Ada dua variabel keputusan terkait dalam penentuan kebijakan inventori probabilistik model CRS, yaitu:

- Ukuran lot pemesanan untuk setiap kali melakukan pembelian ( $q_0$ ).
- Saat pemesanan dilakukan ( $r$ ) atau sering dikenal dengan titik pemesanan ulang (*reorder point*).



Gambar 2.2 Sistem Inventori dengan Model CRS (Bahagia, S. N., 2006).

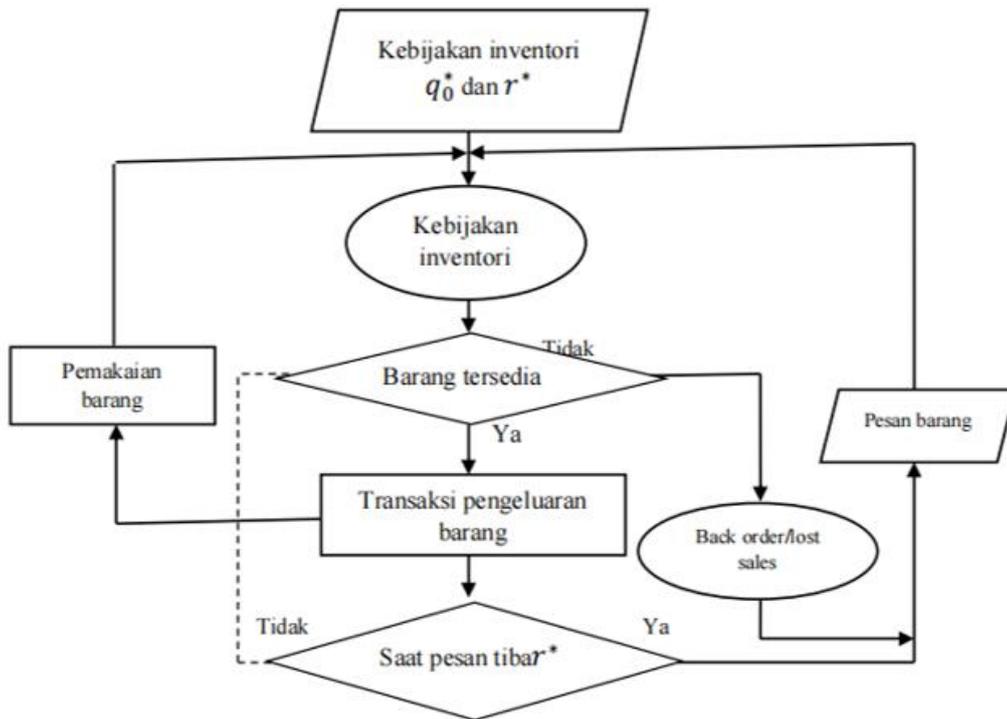
Pada Gambar 2.2, dapat dilihat bahwa setiap kali jumlah persediaan ( $I$ ) sampai pada titik *reorder point*, maka dilakukan pemesanan. Namun, pemesanan ini tidak diterima seketika sesuai dengan *lead time*. Ketika penggunaan sepanjang *lead time*, maka akan timbul kekurangan. Pada gambar juga terlihat waktu antara satu order dengan order berikutnya bervariasi, sedangkan jumlah yang dipesan ( $q$ ) tetap (Bahagia, S. N., 2006).

### 3. Parameter

Sesuai dengan kriteria kinerja dan variabel keputusan yang telah ditentukan maka parameter yang digunakan dalam model adalah:

- Harga barang per unit ( $p$ );
- Ongkos tiap kali pesan ( $A$ );
- Ongkos simpan per unit per periode ( $h$ );
- Ongkos kekurangan inventori ( $c_u$ ).

Mekanisme pengendalian menurut model CRS dapat dipaparkan secara skematis pada Gambar 2.3, pihak manajemen harus melakukan monitoring secara intensif atas status persediaan untuk mengetahui kapan saat pemesanan dilakukan ( $r$ ) dan harus konsisten dalam pemesanan, yaitu  $q_0$  yang konstan untuk setiap kali melakukan pembelian (Bahagia, S. N., 2006).



Gambar 2.3 Mekanisme Pengendalian Persediaan Model CRS.

## 2.7 Model *Continuous Review System* pada Kondisi Pemesanan ulang

Formulasi model dan solusi berikut ini hanya berlaku bila kekurangan inventori diperlakukan dengan cara *back order*. Dalam hal ini pemakai mau menunggu barang yang diminta sampai dengan tersedia di gudang dan pengelola akan melakukan pemesanan darurat sebagai upaya memenuhi permintaan yang belum dapat dilayani.

### 2.7.1 Formulasi Model CRS

Berikut ini akan dirinci formulasinya sehingga kelak akan dapat ditentukan variabel-variabel keputusan yang akan dikendalikan, yaitu  $q_0$  dan  $r$ .

- Ongkos pembelian ( $O_b$ ) yaitu harga beli atau produksi per unit.  $O_b$  merupakan perkalian antara jumlah barang yang dibeli ( $D$ ) dengan harga barang per-unitnya ( $p$ ), secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$O_b = D \times p. \quad (2.19)$$

- Ongkos pemesanan ( $O_p$ ) yaitu biaya yang dikeluarkan untuk pemesanan tiap kali pesan. Ongkos pesan merupakan perkalian antara frekuensi

pemesanan ( $f$ ) dan ongkos setiap kali pemesanan barang ( $A$ ). Secara matematis ongkos pengadaan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$O_p = f \times A. \quad (2.20)$$

Adapun besarnya ekspektasi frekuensi pemesanan per tahun bergantung pada ekspektasi kebutuhan per tahun ( $D$ ) dan besarnya ukuran lot pemesanan ( $q_0$ ), maka secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$f = \frac{D}{q_0}. \quad (2.21)$$

Dengan demikian besarnya ongkos pengadaan per tahun ( $O_p$ ) dapat diperoleh dengan melakukan substitusi Persamaan (2.20) ke dalam Persamaan (2.21), sehingga didapat:

$$O_p = \frac{AD}{q_0}. \quad (2.22)$$

- c. Ongkos simpan ( $O_s$ ) yaitu biaya yang ditimbulkan akibat penyimpanan produk periode tertentu. Ongkos simpan merupakan hasil perkalian antara jumlah inventori rata-rata yang ada di gudang ( $m$ ) dengan ongkos simpan per-unit per-periode ( $h$ ), yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$O_s = h \times m. \quad (2.23)$$

Ongkos simpan per unit per tahun ( $h$ ) biasanya merupakan fungsi dari harga barang yang disimpan dan besarnya dinyatakan sebagai persentase ( $I$ ) dari harga barangnya ( $p$ ).

$$h = I \times p. \quad (2.24)$$

Untuk menghitung  $m$  dapat ditinjau posisi inventori bagi setiap siklusnya. Dalam keadaan yang stabil (*steady state*) maka pada awal siklus (sebelum barang yang dipesan tiba), jumlah barang yang ada di gudang sebesar  $s$  (*safety stock*) dan setelah pesanan datang jumlah barang akan sebesar  $(s + q_0)$ . Dengan demikian dalam keadaan *steady stock* inventori dalam gudang akan berfluktuasi antara  $s$  dan  $(s + q_0)$ , sehingga ekspektasi inventori yang ada ( $m$ ) dapat dinyatakan:

$$m = \frac{1}{2}q_0 + s. \quad (2.25)$$

Substitusi Persamaan (2.25) ke dalam Persamaan (2.23), akan memberikan hasil sebagai berikut:

$$O_s = \left(\frac{1}{2}q_0 + s\right)h. \quad (2.26)$$

Untuk dapat menghitung ongkos simpan ( $O_s$ ) dari persamaan diatas yang belum diketahui hanyalah  $s$ . Harga  $s$  akan bervariasi dari satu siklus ke siklus yang lain. Jika permintaan barang selama waktu ancap-ancapnya ( $L$ ) sebesar  $x$  dengan distribusi kemungkinan  $f(x)$ , maka harga  $s$  adalah  $s = r - x$ . Harga  $s$  dengan demikian bisa berharga positif maupun negatif. Dalam keadaan *steady state* nilai ekspektasi  $s$  dapat dicari di mana besarnya bergantung pada cara mengatasi keadaan kekurangan inventori (*out of stock*). Untuk itu perhitungan ekspektasi  $s$  dibedakan atas:

- Kasus Pemesanan ulang (*Back Order*)

Dengan *back order* maka secara matematis dimungkinkan adanya inventori negatif. Dalam hal ini inventori negatif diartikan sebagai permintaan yang akan dipenuhi dengan cara *back order*. Oleh sebab itu, ekspektasi harga  $s$  dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} s &= \int_0^{\infty} (r - x)f(x) dx, \\ &= \int_0^{\infty} rf(x)dx - \int_0^{\infty} xf(x)dx, \\ &= r - D_L. \end{aligned} \quad (2.27)$$

Jika Persamaan (2.27) disubstitusikan ke dalam Persamaan (2.26) akan diperoleh ongkos simpan ( $O_s$ ) untuk keadaan *back order* sebagai berikut:

$$O_s = h\left(\frac{q_0}{2} + r - D_L\right). \quad (2.28)$$

- Kasus Kehilangan Penjualan (*Lost Sales*)

Dalam keadaan *lost sales* tidak dimungkinkan inventori berharga negatif, karena itu harga  $s$  adalah:

$$s = \begin{cases} r - x & \text{jika } r > x, \\ 0 & \text{jika } r \leq x. \end{cases}$$

dengan demikian ekspektasi dari harga  $s$  dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
s &= \int_0^r (r-x)f(x)dx, \\
&= \int_0^{\infty} (r-x)f(x)dx - \int_r^{\infty} (r-x)f(x)dx, \\
&= r - D_L + N.
\end{aligned} \tag{2.29}$$

Jika Persamaan (2.29) disubstitusikan ke dalam Persamaan (2.26) akan diperoleh ongkos simpan untuk keadaan *lost sales* sebagai berikut:

$$O_s = h \left( \frac{q_0}{2} + r - D_L + N \right). \tag{2.30}$$

- d. Ongkos kekurangan persediaan ( $O_k$ ) yaitu konsekuensi tidak terpenuhinya pesanan dapat berbentuk kekurangan dapat dipesan ulang (*back order*) atau batal (*lost sales*). Untuk menghitung ongkos kekurangan inventori dapat didasarkan atas kuantitas barang yang kurang. Jika ongkos kekurangan setiap unit barang sebesar  $c_u$ , ongkos kekurangan inventori per tahun ( $O_k$ ) adalah:

$$O_k = N_T c_u. \tag{2.31}$$

di mana:

$N_T$  = jumlah kekurangan barang selama satu tahun.

$c_u$  = ongkos kekurangan inventori setiap unit barang.

Harga  $N_T$  dapat dicari dengan menghitung ekspektasi jumlah kekurangan inventori setiap siklusnya ( $N$ ) dan ekspektasi frekuensi siklus selama satu tahun ( $f$ ), atau:

$$N_T = f \times N. \tag{2.32}$$

Jika Persamaan (2.21) dan Persamaan (2.14) disubstitusikan ke Persamaan (2.32) diperoleh:

$$N_T = \frac{D}{q_0} \int_r^{\infty} (x-r)f(x)dx. \tag{2.33}$$

Dengan demikian ongkos kekurangan inventori ( $O_k$ ) yang dihitung berdasarkan kuantitas dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$O_k = \frac{c_u D}{q_0} \int_r^{\infty} (x - r) f(x) dx. \quad (2.34)$$

Persamaan ongkos inventori total ( $O_T$ ) dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$O_T = O_b + O_p + O_s + O_k. \quad (2.35)$$

Hasil yang diperoleh dari Persamaan (2.19), (2.22), (2.28) dan (2.34) disubstitusikan ke Persamaan (2.31). Jika kekurangan inventori diperlakukan dengan cara *back order* akan diperoleh:

$$O_T = Dp + \frac{AD}{q_0} + h \left( \frac{1}{2} q_0 + r - D_L + \frac{c_u D}{q_0} \int_r^{\infty} (x - r) f(x) dx \right). \quad (2.36)$$

Untuk mencari nilai variabel keputusan optimum  $q_0, r$  dan  $ss$  diperoleh dengan menggunakan prinsip optimasi, yaitu dengan memanfaatkan sifat konveksitas  $O_T$  terhadap  $q_0$  dan  $r$ . Dengan demikian syarat agar  $O_T$  minimum adalah:

$$\begin{aligned} \text{i)} \quad & \frac{\partial O_T}{\partial q_0} = 0, \\ & -\frac{AD}{q_0^2} + \frac{1}{2}h - \frac{c_u D}{q_0^2} \int_r^{\infty} (x - r) f(x) dx = 0, \\ & hq_0^2 = 2AD + 2c_u D \int_r^{\infty} (x - r) f(x) dx, \\ & q_0^* = \sqrt{\frac{2D[A + c_u \int_r^{\infty} (x - r) f(x) dx]}{h}}. \end{aligned} \quad (2.37)$$

$$\begin{aligned} \text{ii)} \quad & \frac{\partial O_T}{\partial r} = 0, \\ & h - \frac{c_u D}{q_0} \int_r^{\infty} f(x) dx = 0, \end{aligned}$$

$$\alpha = \int_r^{\infty} f(x)dx = \frac{hq_0}{c_u D}.$$

Dengan demikian probabilitas terjadinya kekurangan inventori dapat dinyatakan sebagai:

$$\alpha = \frac{hq_0}{c_u D}. \quad (2.38)$$

### 2.7.2 Solusi Model CRS dengan Metode Hadley-Within pada Kondisi Pemesanan ulang

Ada beberapa cara yang tersedia dalam mencari total ongkos persediaan, diantaranya seperti dikemukakan oleh Hadley-Within dimana nilai jumlah  $q_0^*$  dan  $r^*$  diperoleh dengan cara sebagai berikut (Bahagia, S. N., 2006):

- a) Menghitung jumlah pemesanan optimum barang dengan menggunakan persamaan berikut:

$$q_{01}^* = q_{0w}^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}}. \quad (2.39)$$

- b) Berdasarkan nilai  $q_{0w}^*$  yang diperoleh akan dapat dicari besarnya kemungkinan kekurangan inventori  $\alpha$  dengan menggunakan Persamaan (2.36) dan selanjutnya akan dapat dihitung nilai  $r_1^*$  dengan menggunakan persamaan berikut:

$$r_1^* = D_L + z_\alpha S\sqrt{L}. \quad (2.40)$$

- c) Dengan diketahui nilai  $r_1^*$  yang diperoleh, maka akan dapat dihitung nilai  $q_{02}^*$  berdasarkan persamaan berikut:

$$q_{02}^* = \sqrt{\frac{2D[A + c_u \int_{r_1^*}^{\infty} (x - r_1^*)f(x)dx]}{h}}, \quad (2.41)$$

dimana:

$$\int_{r_1^*}^{\infty} (x - r_1^*)f(x)dx = S_L[f(z_\alpha) - z_\alpha\Psi(z_\alpha)].$$

Nilai  $f(z_\alpha)$  dan  $\Psi(z_\alpha)$  dapat dilihat pada **Lampiran II**.

- d) Hitung kembali besarnya nilai  $\alpha$  dan  $r_2^*$  dengan menggunakan persamaan berikut:

$$r_2^* = D_L + z_\alpha S\sqrt{L}. \quad (2.42)$$

- e) Bandingkan nilai  $r_1^*$  dan  $r_2^*$ . Jika harga  $r_2^*$  relatif sama dengan  $r_1^*$  iterasi selesai dan akan diperoleh  $r^* = r_2^*$  dan  $q_0^* = q_{02}^*$ . Jika tidak, kembali ke

langkah c dengan menggantikan nilai  $r_1^*$  dengan  $r_2^*$  dan  $q_{01}^*$  dengan  $q_{02}^*$ .

Keterangan:

$q_0^*$  = jumlah pemesanan barang

$r^*$  = reorder level

A = ongkos pesan

D = total kebutuhan

p = harga satuan barang

h = biaya simpan

$c_u$  = biaya kekurangan persediaan

$D_L$  = ekspektasi permintaan selama perencanaan produksi

$z_\alpha$  = standar deviasi normal

$S\sqrt{L}$  = ekspektasi permintaan selama L periode

L = lead time

N = ekspektasi kebutuhan yang tidak terpenuhi

$\alpha$  = kemungkinan kekurangan inventori

$O_T$  = ongkos total

## 2.8 Model *Continuous Review System* pada Kondisi Kehilangan Penjualan

Model CRS pada kondisi kehilangan penjualan (*lost sales*) berlaku jika kekurangan inventori diperlakukan dengan kondisi *lost sales*. Dalam hal ini pemakai atau konsumen tidak mau menunggu barang yang diminta sampai tersedia di gudang. (Bahagia, S. N., 2006)

### 2.8.1 Formulasi Model CRS

Hasil yang diperoleh dari Persamaan (2.19), (2.22), (2.30) dan (2.34) disubstitusikan ke Persamaan (2.35). Jika kekurangan inventori diperlakukan dengan cara *lost sales* akan diperoleh:

$$\begin{aligned} O_T &= Dp + \frac{AD}{q_0} + h \left[ \frac{1}{2}q_0 + r - D_L + \int_r^\infty (x-r)f(x)dx \right] + \frac{c_u D}{q_0} \int_r^\infty (x-r)f(x)dx \\ &= Dp + \frac{AD}{q_0} + h \left( \frac{1}{2}q_0 + r - D_L \right) + \left( \frac{c_u D}{q_0} + h \right) \int_r^\infty (x-r)f(x)dx. \end{aligned} \quad (2.43)$$

Dengan cara yang sama pada kasus *back order*, variabel keputusan optimum akan dapat diperoleh dengan menggunakan prinsip optimasi. Syarat agar  $O_T$  minimum adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{i)} \quad & \frac{\partial O_T}{\partial q_0} = 0, \\
 & -\frac{AD}{q_0^2} + \frac{1}{2}h - \frac{c_u D}{q_0^2} \int_r^\infty (x-r)f(x)dx = 0, \\
 & hq_0^2 = 2AD + 2c_u D \int_r^\infty (x-r)f(x)dx, \\
 & q_0^* = \sqrt{\frac{2D[A + c_u \int_r^\infty (x-r)f(x)dx]}{h}}.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ii)} \quad & \frac{\partial O_T}{\partial r} = 0, \\
 & h - \frac{c_u D + hq_0}{q_0} \int_r^\infty f(x)dx = 0, \\
 & \alpha = \int_r^\infty f(x)dx = \frac{hq_0}{c_u D + hq_0}. \tag{2.44}
 \end{aligned}$$

### 2.8.2 Solusi Model CRS dengan Metode Hadley-Within pada Kondisi Kehilangan Penjualan

Seperti pada kasus *back order* cara pencarian solusi  $q_0^*$  dan  $r^*$  juga akan digunakan metode Hadley-Within dengan cara sebagai berikut:

- a) Menghitung jumlah pemesanan optimum barang dengan menggunakan sebagai berikut:

$$q_{01}^* = q_{0w}^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}}.$$

- b) Berdasarkan nilai  $q_{0w}^*$  yang diperoleh akan dapat dicari besarnya kemungkinan kekurangan inventori  $\alpha$  dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\alpha = \int_r^\infty f(x)dx = \frac{hq_0}{c_u D + hq_0}.$$

Selanjutnya dihitung nilai  $r_1^*$  dengan menggunakan persamaan

$$r_1^* = D_L + z_\alpha S\sqrt{L}.$$

- c) Dengan diketahui nilai  $r_1^*$  yang diperoleh, maka akan dapat dihitung nilai  $q_{02}^*$  berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$q_{02}^* = \sqrt{\frac{2D[A + c_u \int_{r_1^*}^{\infty} (x - r_1^*)f(x)dx]}{h}},$$

dimana

$$\int_{r_1^*}^{\infty} (x - r_1^*)f(x)dx = S_L[f(z_\alpha) - z_\alpha\Psi(z_\alpha)].$$

Nilai  $f(z_\alpha)$  dan  $\Psi(z_\alpha)$  dapat dilihat pada **Lampiran II**.

- d) Hitung kembali besarnya nilai  $\alpha$  dan  $r_2^*$  dengan menggunakan persamaan

$$r_2^* = D_L + z_\alpha S\sqrt{L}.$$

- e) Bandingkan nilai  $r_1^*$  dan  $r_2^*$ . Jika harga  $r_2^*$  relatif sama dengan  $r_1^*$  iterasi selesai dan akan diperoleh  $r^* = r_2^*$  dan  $q_0^* = q_{02}^*$ . Jika tidak, kembali ke langkah c dengan menggantikan nilai  $r_1^*$  dengan  $r_2^*$  dan  $q_{01}^*$  dengan  $q_{02}^*$ .

## 2.9 Model Pengendalian Persediaan *Periodic Review System*

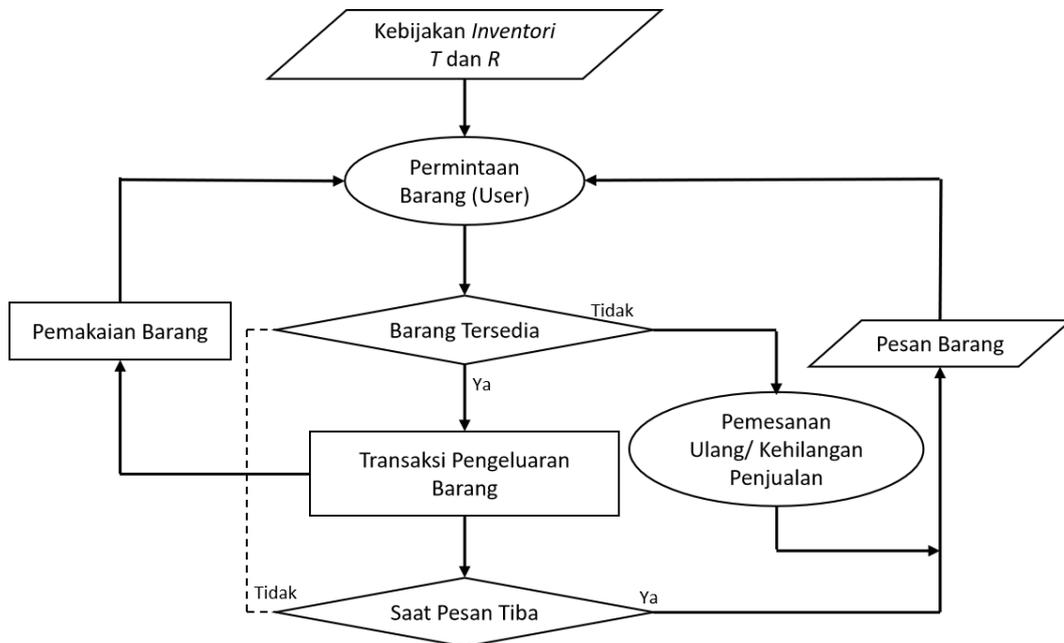
Pada metode ini dianalisis untuk dapat mengetahui perhitungan tingkat persediaan maksimum, periode pemesanan yang optimum, dan total biaya persediaan (Kholil, M., et al, 2020).

Asumsi yang digunakan pada inventori probabilistik model *Periodic Review System* pada prinsipnya sama dengan model *Continuous Review System*. Perbedaannya hanya terletak pada waktu pemesanan konstan  $T$  untuk setiap kali pemesanan, barang akan datang secara serentak dengan waktu anjang-ancang ( $L$ ), pesanan dilakukan pada saat inventori mencapai titik pemesanan ( $r$ ).

Adapun variabel keputusan yang terkait dalam penentuan kebijakan inventori probabilistik model PRS yaitu periode waktu antar pemesanan ( $T$ ) dan inventori maksimum yang diharapkan ( $R$ ). Dalam hal ini cadangan pengaman secara implisit sudah terwakili dalam  $R$ , dan besarnya akan ditentukan berdasarkan *trade off* antara ekspektasi ongkos total dan tingkat pelayanan.

Mekanisme pengendalian inventori menurut model PRS dapat dilihat secara skematis pada Gambar 2.4. Tidak seperti pada model CRS atau model probabilistik sederhana disini pihak manajemen tidak harus melakukan pemantauan secara intensif atas status inventori untuk mengetahui kapan saat pemesanan dilakukan sebab pemesanan dilakukan dengan waktu yang diketahui,

yaitu setiap periode  $T$ . Pada setiap periode  $T$  harus melakukan pemesanan yang besarnya ukuran lot  $q_0$  bergantung pada nilai  $R$  dan  $r$ , yaitu sebesar  $q_0 = R - r$ .



Gambar 2.4 Mekanisme Pengendalian Persediaan Model PRS.

## 2.10 Model *Periodic Review System* pada Kondisi Pemesanan ulang

Model PRS pada kondisi pemesanan ulang (*back order*) berlaku jika kekurangan inventori diperlakukan dengan kondisi *back order*. Dalam hal ini pemakai atau konsumen mau menunggu barang yang diminta sampai tersedia di gudang. (Bahagia, S. N., 2006)

### 2.10.1 Formulasi Model PRS

Berikut ini akan dirinci formulasinya sehingga kelak akan dapat ditentukan variabel-variabel keputusan yang akan dikendalikan, yaitu  $T$  dan  $R$ .

- Ongkos pembelian ( $O_b$ ) yaitu harga beli atau produksi per unit.  $O_b$  merupakan perkalian antara jumlah barang yang dibeli ( $D$ ) dengan harga barang per-unitnya ( $p$ ), secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$O_b = D \times p. \quad (2.45)$$

- Ongkos pemesanan ( $O_p$ ) yaitu biaya yang dikeluarkan untuk pemesanan tiap kali pesan. Ongkos pesan merupakan perkalian antara frekuensi pemesanan ( $f$ ) dan ongkos setiap kali pemesanan barang ( $A$ ). Secara matematis ongkos pengadaan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$O_p = f \times A. \quad (2.46)$$

Jika setiap kali pemesanan dilakukan dengan selang waktu  $T$ , frekuensi pemesanan per tahun sebesar:

$$f = \frac{1}{T}. \quad (2.47)$$

Dengan demikian besarnya ongkos pengadaan per tahun ( $O_p$ ) dapat diformulasikan sebagai:

$$O_p = \frac{A}{T}. \quad (2.48)$$

- c. Ongkos simpan ( $O_s$ ) yaitu biaya yang ditimbulkan akibat penyimpanan produk periode tertentu. Ongkos simpan merupakan hasil perkalian antara jumlah inventori rata-rata yang ada di gudang ( $m$ ) dengan ongkos simpan per-unit per-periode ( $h$ ), yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$O_s = h \times m. \quad (2.49)$$

Dalam suatu siklus tertentu, inventori akan berada pada tingkat ( $s$ ) di akhir siklus, sehingga inventori ekspektasi harga adalah:

$$m = s + \frac{TD}{2}. \quad (2.50)$$

Untuk itu perhitungan ekspektasi  $s$  dibedakan atas:

- Kasus Pemesanan ulang (*Back Order*)

Dalam kasus ini kekurangan inventori dapat dipenuhi kemudian. Secara sistematis dengan *back order* memungkinkan nilai  $s$  berharga negatif. Oleh sebab itu, ekspektasi harga  $s$  dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} s &= \int_0^{\infty} (R - z)f(z) dz, \\ &= R - \int_0^{\infty} (z)f(z), \end{aligned}$$

dimana:

$$\int_0^{\infty} (z)f(z) = D(L + T),$$

$$= DL + TD,$$

sehingga

$$s = R - DL - TD. \quad (2.51)$$

dimana:

$z$  = variabel acak permintaan barang selama  $(T+L)$  periode;

$f(z)$  = distribusi kemungkinan permintaan sebesar  $z$ ;

$D_L$  = ekspektasi kebutuhan selama waktu ancap-ancang ( $L$ );

$T$  = interval waktu antar pemesanan.

Dengan demikian diperoleh ekspektasi inventori  $m$  sebagai berikut:

$$m = R - D_L - \frac{TD}{2}. \quad (2.52)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan (2.52) ke dalam Persamaan (2.49), Ongkos simpan dapat diformulasikan sebagai:

$$O_s = h \left( R - D_L - \frac{TD}{2} \right). \quad (2.53)$$

- Kasus Kehilangan Penjualan (*Lost Sales*)

Dalam keadaan *lost sales* tidak dimungkinkan inventori berharga negatif, karena itu harga  $s$  adalah:

$$s = \begin{cases} R - z & \text{jika } z > R, \\ 0 & \text{jika } z \leq R. \end{cases}$$

dengan demikian ekspektasi dari harga  $s$  dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} s &= \int_0^R (R - z)f(z)dz, \\ &= \int_0^{\infty} (R - z)f(z)dz - \int_r^{\infty} (R - z)f(z)dz, \\ &= R - \bar{z} - TD + N, \end{aligned} \quad (2.54)$$

dimana:

$$\bar{z} = D_L + TD, \quad (2.55)$$

$$N = \int_R^{\infty} (z - R)f(z)dz. \quad (2.56)$$

Sehingga diperoleh ekspektasi inventori untuk kasus *lost sales* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
m &= R - D_L - TD + N + \frac{TD}{2}, \\
&= R - D_L - \frac{TD}{2} + N,
\end{aligned}
\tag{2.57}$$

Dengan demikian Ongkos Simpan ( $O_s$ ) dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$O_s = h \left( R - D_L - \frac{TD}{2} + N \right). \tag{2.58}$$

- d. Ongkos kekurangan persediaan ( $O_k$ ) yaitu konsekuensi tidak terpenuhinya pesanan dapat berbentuk kekurangan dapat dipesan ulang (*back order*) atau batal (*lost sales*). Untuk menghitung ongkos kekurangan inventori ini dapat dilakukan atas dasar kuantitas inventori yang kurang. Jika ongkos setiap unit sebesar  $c_u$  dan jumlah total kekurangan inventori selama satu tahun adalah  $N_T$ , ongkos kekurangan inventori per tahun adalah:

$$O_k = N_T c_u. \tag{2.59}$$

Adapun harga  $N_T$  dapat ditentukan sebagai perkalian antara jumlah siklus dalam satu tahun dengan jumlah kekurangan inventori untuk setiap siklus, maka:

$$\begin{aligned}
N_T &= N \times \frac{1}{T}, \\
&= \frac{N}{T}.
\end{aligned}
\tag{2.60}$$

Dengan demikian ongkos kekurangan inventori ( $O_k$ ) yang dihitung berdasarkan kuantitas dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$O_k = \frac{c_u N}{T}. \tag{2.61}$$

Persamaan ongkos inventori total ( $O_T$ ) dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$O_T = O_b + O_p + O_s + O_k. \tag{2.62}$$

Hasil yang diperoleh dari Persamaan (2.45), (2.48), (2.53) dan (2.61) disubstitusikan ke Persamaan (2.62). Jika kekurangan inventori diperlakukan dengan cara *back order* akan diperoleh:

$$O_T = Dp + \frac{A}{T} + h\left(R - D_L + \frac{DT}{2}\right) + \frac{c_u}{T} \int_R^{\infty} (z - R)f(z)dz. \quad (2.63)$$

Dari Persamaan 2.63 nampak bahwa ada dua variabel keputusan yang akan ditentukan, yaitu  $T$  dan  $R$ . Untuk mencari nilai variabel keputusan optimal  $T$ ,  $R$ , dan  $ss$  diperoleh dengan menggunakan prinsip optimasi, yaitu dengan memanfaatkan sifat konveksitas  $O_T$  terhadap  $T$  dan  $R$ . Dengan demikian syarat  $O_T$  minimal adalah:

$$\begin{aligned} \text{i)} \quad & \frac{\partial O_T}{\partial T} = 0, \\ & -\frac{A}{T^2} + \frac{1}{2}hD - \frac{c_u}{T^2} \int_R^{\infty} (z - R)f(z)dz = 0, \\ & T^* = \sqrt{\frac{2[A + c_u \int_R^{\infty} (z - R)f(z)dz]}{hD}}. \end{aligned} \quad (2.64)$$

$$\begin{aligned} \text{ii)} \quad & \frac{\partial O_T}{\partial R} = 0, \\ & h - \frac{c_u}{T} \int_R^{\infty} f(z)dz = 0, \\ & \alpha = \int_R^{\infty} f(z)dz = \frac{Th}{c_u}, \end{aligned}$$

sehingga,

$$\alpha = \frac{Th}{c_u}. \quad (2.65)$$

### 2.10.2 Solusi Model PRS dengan Metode Hadley-Within pada Kondisi Pemesanan ulang

Untuk menentukan nilai  $T^*$  dan  $R^*$  dicari dengan cara iteratif. Seperti halnya dengan model CRS, cara pencarian solusi  $T^*$  dan  $R^*$  juga akan menggunakan metode Hadley-Within dengan cara sebagai berikut (Bahagia, S. N., 2006):

a) Hitung nilai  $T_0$

$$T_0 = \sqrt{\frac{2A}{Dh}} \quad (2.66)$$

b) Hitung nilai  $\alpha$  dan  $R$  dengan menggunakan Persamaan 2.65

$$\alpha = \frac{Th}{c_u}$$

Jika kebutuhan berdistribusi normal, nilai  $R$  mencakup selama  $(T+L)$  periode dan dinyatakan dengan:

$$R = D(T + L) + z_\alpha \sqrt{T + L} \quad (2.67)$$

c) Hitung total ongkos inventori  $(O_T)$  dengan menggunakan Persamaan 2.63

d) Ulangi mulai Langkah b dengan mengubah  $T_0 = T_0 + \Delta T_0$ :

- i. Jika hasil  $(O_T)_0$  baru lebih besar dari  $(O_T)_0$  awal, iterasi penambahan  $T_0$  dihentikan. Kemudian dicoba dengan iterasi pengurangan  $T_0 = T_0 + \Delta T_0$  sampai ditemukan nilai  $T^* = T_0$  yang memberikan nilai ongkos total  $(O_T)^*$  minimal.
- ii. Jika hasil  $(O_T)_0$  baru lebih kecil dari  $(O_T)_0$  awal, iterasi penambahan  $T_0$  dilanjutkan dan berhenti apabila  $(O_T)_0$  baru lebih besar dari  $(O_T)_0$  yang dihitung sebelumnya. Harga  $T_0$  yang memberikan ongkos total terkecil  $(O_T)^*$  merupakan selang waktu optimal  $T^*$ .

## 2.11 Model *Periodic Review System* pada Kondisi Kehilangan Penjualan

Model PRS pada kondisi kehilangan penjualan (*lost sales*) berlaku jika kekurangan inventori diperlakukan dengan kondisi *lost sales*. Dalam hal ini pemakai atau konsumen tidak mau menunggu barang yang diminta sampai tersedia di gudang. Pemakai akan pergi dan mencari barang kebutuhannya di tempat lain. (Bahagia, S. N., 2006)

### 2.11.1 Formulasi Model PRS

Hasil yang diperoleh dari Persamaan (2.45), (2.48), (2.58) dan (2.61) disubstitusikan ke Persamaan (2.62). Jika kekurangan inventori diperlakukan dengan cara *back order* akan diperoleh:

$$O_T = Dp + \frac{A}{T} + h\left(R - D_L + \frac{DT}{2} + \right) + \left(\frac{c_u}{T} + h\right) \int_R^{\infty} (z - R)f(z)dz. \quad (2.68)$$

Dari Persamaan 2.68 nampak bahwa ada dua variabel keputusan yang akan ditentukan, yaitu  $T$  dan  $R$ . Untuk mencari nilai variabel keputusan optimal  $T$ ,  $R$ , dan  $ss$  diperoleh dengan menggunakan prinsip optimasi, yaitu dengan memanfaatkan sifat konveksitas  $O_T$  terhadap  $T$  dan  $R$ . Dengan demikian syarat  $O_T$  minimal adalah:

$$\begin{aligned} \text{i)} \quad & \frac{\partial O_T}{\partial T} = 0, \\ & -\frac{A}{T^2} + \frac{1}{2}hD - \frac{c_u}{T^2} \int_R^{\infty} (z - R)f(z)dz = 0, \\ & T^* = \sqrt{\frac{2[A + c_u \int_R^{\infty} (z - R)f(z)dz]}{hD}}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ii)} \quad & \frac{\partial O_T}{\partial R} = 0, \\ & h - \left(h + \frac{c_u}{T}\right) \int_R^{\infty} f(z)dz = 0, \\ & \alpha = \int_R^{\infty} f(z)dz = \frac{Th}{Th + c_u}, \end{aligned}$$

sehingga,

$$\alpha = \frac{Th}{Th + c_u}. \quad (2.69)$$

### 2.11.2 Solusi Model PRS dengan Metode Hadley-Within pada Kondisi Kehilangan Penjualan

Seperti halnya dengan kondisi pemesanan ulang, cara pencarian solusi  $T^*$  dan  $R^*$  dengan kondisi kehilangan penjualan juga akan menggunakan metode Hadley-Within dengan cara sebagai berikut (Bahagia, S. N., 2006):

a) Hitung nilai  $T_0$

$$T_0 = \sqrt{\frac{2A}{Dh}}$$

b) Hitung nilai  $\alpha$  dan  $R$  dengan menggunakan Persamaan 2.69

$$\alpha = \frac{Th}{Th + c_u}$$

Jika kebutuhan berdistribusi normal, nilai  $R$  mencakup selama  $(T+L)$  periode dan dinyatakan dengan:

$$R = D(T + L) + z_\alpha \sqrt{T + L}$$

- c) Hitung total ongkos inventori  $(O_T)$  dengan menggunakan Persamaan 2.68.
- d) Ulangi mulai Langkah b dengan mengubah  $T_0 = T_0 + \Delta T_0$ :
- i. Jika hasil  $(O_T)_0$  baru lebih besar dari  $(O_T)_0$  awal, iterasi penambahan  $T_0$  dihentikan. Kemudian dicoba dengan iterasi pengurangan  $T_0 = T_0 + \Delta T_0$  sampai ditemukan nilai  $T^* = T_0$  yang memberikan nilai ongkos total  $(O_T)^*$  minimal.
  - ii. Jika hasil  $(O_T)_0$  baru lebih kecil dari  $(O_T)_0$  awal, iterasi penambahan  $T_0$  dilanjutkan dan berhenti apabila  $(O_T)_0$  baru lebih besar dari  $(O_T)_0$  yang dihitung sebelumnya. Harga  $T_0$  yang memberikan ongkos total terkecil  $(O_T)^*$  merupakan selang waktu optimal  $T^*$ .