

THESIS
ANALISA EOQ dan SS PADA INDUSTRI *SPARE PART*
KHUSUSNYA ANODA DENGAN SIMULASI *MONTE CARLO*

NAUFAL ARDIANSYAH
9116201316

Dosen Pembimbing
Prof. Iwan Vanany, ST, MT, PhD

JURUSAN MANAJEMEN INDUSTRI
Bidang Keahlian Manajemen Industri
Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Manajemen Teknologi (M.MT)

Di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NAUFAL ARDIANSYAH

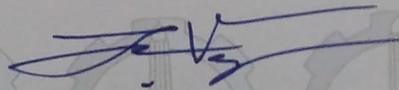
NRP. 09211650013016

Tanggal Ujian : 07 Juli 2018

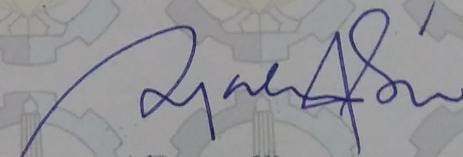
Periode Wisuda : September 2018

Disetujui Oleh:

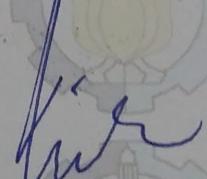
1. Prof. Iwan Vanany, ST, MT, PhD
NIP. 19710927199931002


(Pembimbing)

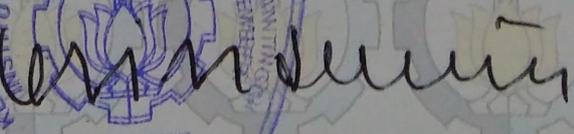
2. Dyah Santhi Dewi, ST, MSc, PhD
NIP. 197208251998022001


(Penguji)

3. Niniet Indah A, ST., MT.
NIP. 198407062009122007


(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi,


Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc.
NIP. 195903181987011001



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur senantiasa saya panjatkan pada Allah SWT, karena atas limpahan karunia dan rahmat-Nya, sehingga laporan Thesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

Dalam pengerjaan dan penyusunan laporan penelitian Thesis ini, terlibat pula banyak pihak yang ikut membantu dan mendukung. Oleh karena itu, penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa selama pengerjaan penelitian.
2. Bapak Prof. I Nyoman Pujawan, Ir., M.Eng., Ph.D., selaku Kepala Departemen Manajemen Teknologi ITS Surabaya.
3. Bapak Prof. Iwan Vanany, ST, MT, PhD selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama penulis melakukan penelitian.
4. Seluruh karyawan dan petugas perusahaan yang menerima kehadiran penulis dengan baik dan memberikan bantuan pada pengerjaan Thesis ini
5. Keluarga besar MIA MMT ITS 2016 yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang selalu memberikan dukungan dan bantuan selama pengerjaan.
6. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis selama kerja praktik yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Dalam penyusunan laporan tesis ini, penulis masih merasa ada banyak kekurangan pada materi maupun penulisan. Untuk itu, kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan dalam rangka perbaikan untuk penulis. Penulis juga berharap semoga laporan tesis ini dapat bermanfaat dan memberikan referensi kepada pembaca maupun penulis sendiri untuk kebutuhan penelitian yang akan datang.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

ANALISA EOQ dan SS PADA INDUSTRI *SPARE PART* KHUSUSNYA ANODA DENGAN SIMULASI *MONTE CARLO*

Nama : Naufal Ardiansyah
NRP : 9116201316
Jurusan : Manajemen Industri
Pembimbing : Prof. Iwan Vanany, ST, MT, PhD

ABSTRAK

Penggunaan EOQ and SS dalam industri perkapalan terutama pada suku cadang tidak sama dengan industri manufaktur pada umumnya, perlu pendekatan tersendiri sesuai dengan masalah yang ada. Dalam penelitian ini membahas perencanaan persediaan PT. Q dimana PT. Q menjual beberapa tipe anoda yang merupakan suku cadang kapal dengan satuan buah (pcs) kepada kustomer tetapi membeli dalam satuan kilogram (kg) pada pemasok. Perbedaan satuan ini yang menjadi masalah dimana PT. Q tidak hanya harus menentukan jumlah kilogram yang optimal tetapi juga komposisi buah (pcs) yang pas sehingga dapat memenuhi permintaan yang ada. Disisi lain terdapat batasan dimana nilai rata-rata dari stock tidak boleh lebih dari Rp 30.000.000 dan permintaan anoda sendiri memiliki karakteristik *lumpy* yang membuat ketidakpastian permintaan dan sulit untuk diramalkan. Untuk itu digunakan *Economic Order Quantity* (EOQ) untuk memastikan pemesanan yang paling optimal ke pemasok untuk memenuhi permintaan tetapi EOQ tidak mempertimbangkan batasan pada rata-rata nilai stok sehingga akan digunakan EOQ modifikasi untuk memenuhi batasan itu, sementara *Safety Stock* (SS) akan memastikan bahwa anoda akan selalu tersedia untuk memenuhi permintaan yang ada mengingat ketidakpastian permintaan. *Monte Carlo* akan digunakan untuk menentukan permintaan rata-rata / tahun berdasarkan data historis yang nantinya akan menjadi dasar untuk perhitungan EOQ dan SS. Total investasi rata-rata dalam stok yang awalnya adalah Rp 86.783.198 melampaui batas yang ditentukan sehingga digunakan EOQ modifikasi untuk membuat investasi rata-rata dalam stok menjadi Rp 30.000.000 yang merupakan batas yang ditentukan. SS dapat ditentukan dengan bantuan dari Simulasi *Monte Carlo*.

Kata Kunci : EOQ (*Economic Order Quantity*), SS (*Safety Stock*), ROL (*Reorder Level*), Simulasi *Monte Carlo*.

EOQ AND SS ANALYSIS ON SPARE PART INDUSTRIES ESPECIALLY ON SACRIFICIAL ANODE WITH MONTE CARLO SIMULATION

Name : Naufal Ardiansyah
NRP : 9116201316
Department : Manajemen Industri
Supervisor : Prof. Iwan Vanany, ST, MT, PhD

ABSTRACT

The use of EOQ and SS in the shipping industry, especially on spare parts is not equal to the manufacturing industry in general, needs its own approach in accordance with the existing problems. This study discusses inventory planning of PT. Q where PT. Q sells several types of anodes which are spare parts of ships with units of pieces (pcs) to the customer but buys in kilograms (kg) to the supplier. This unit difference is main problem where PT. Q not only determine the optimal number of kilograms but also the right composition of the pieces (pcs) to meet the demand. On the other hand there is a limit where the average value of stock should not be more than Rp 30,000,000 and the anode demand itself has lumpy the characteristics that create uncertainty and difficult to predict. For that purpose Economic Order Quantity (EOQ) is used to ensure the most optimal orders to suppliers to meet demand but EOQ does not consider the constraint on average stock values so that EOQ modified will be used to meet that constraint, while SS will ensure that the anodes will always be available to meet uncertainty demand. Monte Carlo will be used to determine the average / year demand based on historical data which will become the basis for EOQ and SS calculations. The average total investment in stock originally was Rp 86,783,198 which exceeded the specified constraint so that EOQ modified were used to make an average investment in stock to Rp 30,000,000 which is a specified constraint. SS can be determined with the help of Monte Carlo Simulation.

Keyword : EOQ (Economic Order Quantity), SS (Safety Stock), ROL (Reorder Level), Monte Carlo Simulation.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan dan Asumsi	4
1.5.1 Batasan	4
1.5.2 Asumsi	4
1.6 Garis Besar Peneltian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Manajemen Persediaan.....	7
2.2 Manajemen Persedian Untuk Permintaan <i>Lumpy</i>	7
2.3 <i>Lot Sizing</i>	8
2.4 Modifikasi EOQ Konstrain Rata-rata Nilai Persediaan	9
2.5 <i>Safety Stock</i> (SS) dan <i>Reorder Level</i> (ROL)	10
2.6 Simulasi <i>Monte Carlo</i>	11
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Identifikasi Masalah	14
3.2 Pengumpulan Data	14
3.3 Simulasi <i>Monte Carlo</i>	15
3.4 Perhitungan EOQ	15
3.5 Penentuan SS dan ROL	16

3.6 Analisis Perencanaan	16
BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS	17
4.1 Data Permintaan.....	17
4.2 Simulasi <i>Monte Carlo</i>	20
4.3 Perhitungan EOQ	22
4.4 Perhitungan ROL dan SS	26
4.5 Analisa sensitifitas ROL dan SS	29
4.6 Analisis Rencana Persediaan	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Foto Anoda Korban.....	1
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> penelitian	13
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> penelitian(lanjutan).....	14
Gambar 4.1 Hasil Uji Distribusi Data permintaan GW 3.2	20
Gambar 4.2 Hasil t-test GW 3.2.....	22
Gambar 6.1 Hasil Uji Distribusi GW 1.8.....	35
Gambar 6.2 Hasil Uji Distribusi GW 3.2.....	35
Gambar 6.3 Hasil uji Distribusi GW 4.8.....	36
Gambar 6.4 Hasil Uji Distribusi GW 5.2.....	36
Gambar 6.5 Hasil Uji Distribusi GW 8.3.....	37
Gambar 6.6 Hasil Uji Distribusi GW 8.3.....	37
Gambar 6.7 Hasil Uji Validitas t-test GW 1.8.....	37
Gambar 6.8 Hasil Uji Validitas t-test GW 4.8.....	38
Gambar 6.10 Hasil Uji Validitas t-test GW 8.3.....	38
Gambar 6.11 Hasil Uji Validitas t-test GW 9.8.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Permintaan Tahun 2015	18
Tabel 4.2 Data Permintaan Tahun 2016	18
Tabel 4.3 Data Permintaan Tahun 2017	19
Tabel 4.4 Uji <i>Lumpiness</i> Data.....	20
Tabel 4.5 Hasil Simulasi <i>Monte Carlo</i>	21
Tabel 4.6 Hasil Uji <i>Lumpiness</i>	21
Tabel 4.7 Hasil Simulasi <i>Monte Carlo</i>	22
Tabel 4.8 Keterangan harga	22
Tabel 4.9 Harga dan Biaya untuk masing-masing tipe Anoda	23
Tabel 4.10 hasil Perhitungan EOQ	23
Tabel 4.11 Perhitungan Total Biaya	24
Tabel 4.12 Perhitungan EOQ Modifikasi	25
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan ROL dan SS EOQ	26
Tabel 4.14 skema Pemesanan GW 1.8.....	27
Tabel 4.15 skema Pemesanan GW 4.8.....	27
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan ROL dan SS EOQ Modified	28
Tabel 4.17 Skema Pemesanan Anoda.....	28
Tabel 4.18 Analisis Sensitifitas.....	29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemerintahan Indonesia mulai fokus pada sektor maritim, terlihat dari program-program yang dijalankan. Hingga Mei 2016 jumlah kapal nasional mencapai 20.687 unit yang tumbuh 242% jika dibandingkan pada tahun 2005 yang hanya 6.041 unit. Peningkatan pertumbuhan kapal pastinya akan juga memicu permintaan dan pertumbuhan sektor industri pendukung peralatan dan perlengkapan kapal seperti jendela kapal, pintu kapal, serta anoda korban.



Gambar 1.1 Foto Anoda Korban

Anoda korban merupakan logam yang umumnya terbuat dari aluminium yang berfungsi sebagai pelindung lambung kapal dari korosi air laut. Anoda ini dapat melindungi lambung kapal karena bersifat lebih elektronegatif dari pada lambung kapal sehingga anoda akan terkorosi lebih dulu oleh air laut. Anoda memiliki banyak tipe dimana setiap tipe ditentukan berdasarkan berat dari anoda tersebut dan untuk satu kapal umumnya membutuhkan 3-4 tipe anoda yang berbeda.

Peningkatan industri ini pasti akan sangat menguntungkan semua perusahaan yang bergerak dalam bidang penyedia anoda ini, oleh karena itu diperlukan perencanaan persediaan yang baik untuk mengatasi peningkatan permintaan ini. Perencanaan persediaan telah banyak digunakan di banyak industri manufaktur pada umumnya dan terbukti cukup berhasil tetapi, industri suku cadang perkapalan berbeda dengan industri manufaktur yang umumnya permintaan dan suplai bersifat kontinu yang memiliki pola dan tren sehingga lebih mudah untuk diprediksi kebutuhan masa depan berbeda dengan industri suku cadang.

Pengelolaan suku cadang menjadi isu yang sering dibahas karena kompleksnya permasalahan yang ada. Permintaan pada Industri suku cadang perkapalan bersifat diskrit dan cenderung tidak memiliki pola sehingga sulit untuk di prediksi

kebutuhan masa depan. (Nenni & Schiraldi, 2013) dalam jurnal nya menyebutkan bahwa perencanaan persediaan suku cadang membutuhkan kebijakan yang berbeda dari *work in progress* (WIP) dan produk akhir serta industri perkapalan bergerak dalam konteks operasional yang sangat unik yang membuat kebutuhan akan keamanan menjadi penting, hal tersebut yang membuat pentingnya optimasi inventori suku cadang, dalam jurnal tersebut Nenni dan Schiraldi mengembangkan pendekatan orisinal untuk menghitung tingkat inventori yang optimal untuk suku cadang dalam industri perkapalan. Nenni dan Schiraldi menggunakan *Mean time Between Failures* (MTBF) sebagai dasar untuk menentukan permintaan suku cadang. Hasil akhir dari penelitian tersebut adalah sebuah model optimasi untuk menentukan tingkat inventori untuk kapal.

Hal yang sama dilakukan (Wongmongkolrit & Rassameethes, 2011) yang menggunakan *EOQ Modified* dalam jurnalnya yang membahas optimasi suku cadang yang bersifat diskrit. Wongmongkolrit menggunakan MTBF sebagai pengganti *demand* untuk menentukan EOQ dan *failure rate* digunakan sebagai pengganti standar deviasi untuk menentukan ROL.

Penelitian yang dilakukan (Wongmongkolrit & Rassameethes, 2011) serta (Nenni & Schiraldi, 2013) merupakan dasar untuk perencanaan persediaan pada industri suku cadang terutama perkapalan dimana permintaannya bersifat diskrit dan membutuhkan pendekatan tersendiri. Penelitian tersebut menjelaskan dari sudut pandang kustomer atau pemilik kapal dan item yang diteliti hanya satu item tanpa adanya batasan investasi pada inventori. Pada penelitian ini akan membahas dari sudut pandang perusahaan distributor anoda dengan beberapa item produk yang harus dipesan kepada *supplier* untuk memenuhi permintaan kustomer dengan adanya batasan investasi dan rata-rata nilai stock yang belum di jelaskan pada jurnal tersebut.

Proses bisnis penjualan anoda juga sedikit berbeda, dimana perusahaan (distributor) memiliki beberapa tipe dengan berat yang berbeda yang dibeli dari *supplier* dengan satuan total berat (kilogram) yang dapat terdiri dari banyak tipe anoda sesuai dengan kebutuhan perusahaan, dengan kata lain anoda ini akan bersifat dependen tipe satu dengan tipe yang lain. Sedangkan nantinya perusahaan (distributor) akan menjual anoda tersebut dalam satuan *pieces* (pcs) kepada

kustomer dengan jumlah dan tipe sesuai yang dibutuhkan. Melihat kondisi tersebut perusahaan yang bertindak sebagai distributor harus dapat menentukan total berat paling optimal yang dipesan kepada *supplier* tetapi juga harus dapat menentukan komposisi tipe anoda yang tepat untuk dapat memastikan semua permintaan dapat terpenuhi. Penentuan jumlah kilogram yang optimal dan komposisi pcs yang tepat dapat menurunkan biaya pemesanan yang dikeluarkan perusahaan serta menurunkan nilai rata-rata pada stock. Masalah inilah yang harapannya dapat diselesaikan pada penelitian ini.

Penelitian ini akan dilakukan pada PT. Q yang merupakan perusahaan distribusi anoda, PT. Q tidak memiliki pabrik sehingga untuk memenuhi permintaan yang ada PT. Q melakukan pemesanan kepada *supplier* anoda yang langsung memiliki pabrik.

Perencanaan persediaan untuk PT. Q ini nantinya akan menggunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) untuk menentukan kuantitas pemesanan masing-masing tipe anoda termasuk menentukan komposisinya, tetapi EOQ pada umumnya untuk produk yang bersifat independen dan tidak mempertimbangkan adanya batasan nilai stock dan biaya pemesanan. Oleh karena itu, akan digunakan *EOQ Modified* untuk menentukan total berat yang paling optimal dan komposisinya sehingga dapat memenuhi batasan yang ada. Penentuan *safety stock* (SS) dan *Reorder Level* (ROL) juga menjadi hal yang penting karena permintaan dari suku cadang memiliki tingkat ketidakpastian yang tinggi. Untuk melakukan perhitungan EOQ dan SS akan digunakan metode simulasi *Monte Carlo* untuk menentukan rata-rata permintaan tiap tahunnya untuk setiap tipe anoda.

1.2 Perumusan Masalah

Setelah dilihat dari latar belakang yang ada dari penelitian ini, perumusan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah menentukan kuantitas pemesanan serta komposisinya ke *supplier* yang paling efektif dan menentukan *safety stock*.

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan kuantitas pemesanan dan komposisi untuk masing-masing anoda ke *supplier*.
2. Menentukan SS dan ROL anoda.

1.4 Manfaat Penelitian

Ada pun manfaat yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah

1. Memberikan bahan rujukan pengambilan keputusan rencana pembelian PT. Q.
2. Memberikan aplikasi dari EOQ pada industri perkapalan dengan permintaan diskrit dan perubahan harga.

1.5 Batasan dan Asumsi

Dalam pengerjaan penelitian ini menggunakan beberapa batasan dan asumsi, antara lain:

1.5.1 Batasan

Batasan dalam penelitian ini adalah:

1. Anoda yg digunakan hanya tipe alumunium untuk kapal.
2. Rata-rata Nilai Persediaan adalah Rp 30.000.000.
3. Maksimal Total biaya setiap pemesanan adalah Rp 70.000.000.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tidak terjadi perubahan inflasi yang signifikan.
2. Tidak terjadi krisis moneter.

1.6 Garis Besar Penelitian

Garis-garis besar dalam penelitian ini adalah:

BAB I Pendahuluan

Dalam bab pertama ini akan diejelaskan penjelasan awal mengenai penelitian yang akan dilakukan. Penjelasan awal ini akan mencakup latar belakang diadakannya penelitian, masalah yang diharapkan akan diselesaikan dengan adanya penelitian ini, tujuan diadakannya penelitian ini, manfaat yang didapatkan dari penelitian ini, serta batasan dan asumsi yang akan digunakan dalam pengerjaan penelitian ini.

BAB II Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori dan referensi yang digunakan untuk melakukan penelitian ini. Beberapa teori yang nantinya akan digunakan adalah EOQ, *reorder level*, dan teori lain yg mendukung.

BAB III Metodologi Penelitian

Dalam bab ketiga ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah untuk melakukan penelitian ini sehingga penelitian ini dapat dilakukan dengan sistematis.

BAB IV Pengumpulan Data dan Analisis

Dalam bab ini akan dipaparkan metode yang digunakan untuk melakukan pengumpulan data-data yang diperlukan serta menunjukkan data yang kemudian dianalisis dan diolah untuk menyelesaikan masalah yang ada.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Dalam bab ini akan dipaparkan hasil kesimpulan dari penelitian ini yang sesuai dengan tujuan penelitian diawal. Dalam bab ini juga memaparkan saran yang dapat digunakan untuk perusahaan kedepannya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Persediaan

Persediaan adalah stok barang atau sumber daya apa pun yang digunakan dalam suatu organisasi. Sistem inventaris adalah seperangkat kebijakan dan kontrol yang memantau tingkat inventaris dan menentukan tingkat apa yang harus dipertahankan, kapan stok harus diisi ulang, dan seberapa besar pesanan seharusnya. (Chopra & Meindl, 2007).

Tujuan utama dari manajemen persediaan adalah untuk menentukan kapan barang perlu dipesan dan seberapa banyak harus dipesan. Dari segi ekonomi manajemen persediaan sangat perlu dilakukan karena semakin banyak stok yang ada di gudang perusahaan maka akan semakin besar biaya penyimpanannya tetapi jika stok yang ada di gudang terlalu sedikit maka perusahaan tidak akan mampu memenuhi permintaan yang ada, oleh karena menentukan jumlah stok yang cukup untuk memenuhi permintaan yang ada tetapi juga tidak butuh biaya penyimpanan yang besar sangatlah penting untuk setiap perusahaan.

2.2 Manajemen Persediaan Untuk Permintaan *Lumpy*

Lumpy merupakan pola permintaan yang ditandai dengan permintaan dalam jumlah besar yang dipisahkan dengan periode dengan permintaan nol (0) (Schultz, 1987). Pola permintaan *lumpy* pada umumnya muncul pada suku cadang dimana saat permintaan muncul maka akan muncul dengan nilai yang besar yang pada periode selanjutnya tidak ada permintaan dan akan muncul lagi pada beberapa periode kedepan dengan nilai yang besar lagi.

Karakteristik *lumpy* ini membuat permintaan sulit untuk diprediksi dan akan sulit untuk dilakukan pengendalian persediaan. Metode tradisional untuk melakukan peramalan atau prediksi permintaan seperti *exponential smoothing* dan *winter's method* menjadi tidak pantas lagi digunakan untuk karakteristik *lumpy*. Pada metode seperti *exponential smoothing* dimana data yang digunakan adalah

data yang bersifat *time series* yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan *lumpy*.

Pada penelitian (Croston, 1972) menunjukkan penggunaan metode *single exponential smoothing* pada permintaan *lumpy* menghasilkan tingkat persediaan yang lebih dari yang dibutuhkan sehingga membuat biaya yang besar. Karakteristik *lumpy* ini dapat diketahui dengan membandingkan antara standar deviasi dengan rata-rata permintaan, (Ballou, 2004) pada (Trimadania, 2011) menyatakan bahwa standar deviasi lebih besar dari pada rata-rata *item* tersebut dipercaya memiliki karakteristik *lumpy*.

2.3 Lot Sizing

Lot Sizing merupakan salah satu metode dalam manajemen persediaan untuk menentukan seberapa banyak material/produk yang harus dipesan oleh perusahaan untuk memenuhi permintaan pada satu satuan waktu. Penentuan waktu pembelian material dan jumlah material tersebut sangat bergantung pada stok yang ada serta inventory perusahaan. *Stock* adalah persediaan barang dan bahan yang ada dalam suatu organisasi (perusahaan). Mereka terbentuk kapan pun input atau output organisasi tidak digunakan pada saat tersedia. *Stock* ini bertindak sebagai buffer antara supply dan *demand* (Waters, Logistics: An Introduction to Supply Chain Management, 2003). Sedangkan Inventory merupakan stock barang atau sumber daya yang digunakan oleh perusahaan (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006)

Terdapat dua kategori umum yang digunakan untuk menentukan lot sizing, antara lain:

1. *Economic Order Quantity* (EOQ)

Merupakan metode “*event-triggered*” dimana pemesanan dilakukan pada saat suatu *reorder level* tercapai. Pemesanan ini dapat terjadi pada setiap saat tergantung pada permintaan yang ada (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006). Sehingga pada saat menggunakan metode EOQ, waktu pemesanan tidak akan sama tetapi memiliki jumlah produk yang sama (konstan). EOQ dapat dihitung menggunakan rumus:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{r uc}} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \dots\dots\dots(2.2)$$

- EOQ = *Economic Order Quantity* (unit)
- D = *Demand* (unit/bulan)
- S = *ordering cost* (rupiah)
- uc = *unit cost* (rupiah)
- r = *holding cost*
- H = *holding cost/unit/tahun* (rupiah)

2. *Economic Order Interval* (EOI)

Merupakan metode “*time-triggered*” dimana pemesanan dilakukan hanya pada akhir periode yang telah ditentukan. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006). Berbanding terbalik dengan EOQ, EOI memiliki waktu pemesanan yang konstan dengan jumlah produk yang bervariasi: EOI dapat dihitung menggunakan rumus:

$$EOI = \frac{EOQ}{R} = EOQ = \sqrt{\frac{2S}{Rucr}} \dots\dots\dots(2.3)$$

- EOI = *economic order Interval*
- R = rata-rata permintaan per periode

2.4 Modifikasi EOQ Konstrain Rata-rata Nilai Persediaan

Pada teori EOQ dan EOI yang dijelaskan sebelumnya mengasumsikan bahwa setiap produk merupakan produk independen yang tidak perlu mempertimbangkan hal lain. Pada kenyataannya setiap produk di perusahaan bersifat dependen, bergantung terhadap banyak hal yang ada di perusahaan, bisa bergantung pada produk lain, bergantung pada ketersediaan tempat, dan bergantung pada nilai persediaan yang diperbolehkan.

Ketergantungan suatu produk terhadap hal lain ini akan menjadi batasan bagi perusahaan untuk membuat perencanaan dan kebijakan pembelian untuk produk tersebut. Pada umumnya setiap produk yang ada pada perusahaan pasti akan

bergantung juga pada produk lain serta batasan investasi atau total biaya yg dapat dikeluarkan perusahaan untuk melakukan pemesanan. Persamaan EOQ untuk menentukan jumlah produk yang dipesan dalam satu kali pemesanan akan berubah menjadi (Waters, Inventory Control and Management, 2003):

$$Q_o = Q_{oi} \times \frac{2 \times UL \times HC}{UC \times \sum_{i=1}^N VC_{oi}} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$Q_o = \sqrt{\frac{2 \times RC \times D}{HC}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

- Q_i = EOQ untuk produk i dengan batasan investasi
- Q_{oi} = EOQ untuk produk i tanpa batasan investasi
- UL = Batas Atas nilai investasi
- HC = Holding Cost
- RC = Reorder Cost
- $\sum VC_{oi}$ = jumlah variable cost seluruh produk

Dengan menggunakan persamaan diatas perusahaan dapat membuat rencana pemesanan setiap produk dengan pertimbangan total biaya pemesanannya dan juga jumlah produk-produk lainnya.

2.5 Safety Stock (SS) dan Reorder Level (ROL)

Manajemen persediaan tidak hanya berhenti pada perencanaan pembelian dan jumlah yang harus di pesan ke *supplier*, penentuan waktu pemesanan jga menjadi hal yang kritikal untuk menghindari perusahaan kehabisan stock yang ada dan kehilangan peluang penjualan. Ketika perusahaan melakukan pemesanan terdapat waktu tunggu atau *lead time* antara pemesanan dan barang diterima.

Jika di asumsikan *lead time*, L, dan permintaan, D, untuk memastikan pengiriman sampai sebelum stock perusahaan habis maka harus dilakukan pemesanan L lebih awal ketika masih ada cukup stock di gudang untuk memenuhi

permintaan yang ada, titik inilah yang disebut *reorder level* (Waters, Logistics: An Introduction to Supply Chain Management, 2003).

$$\mathbf{ROL = L \times D} \dots\dots\dots(2.6)$$

Persamaan ROL tersebut mengasumsikan bahwa *lead time* dari *supplier* selalu konstan juga permintaan yang datang selalu konstan, pada kenyataannya waktu pengiriman dari *supplier* bisa sangat bervariasi yang dipengaruhi banyak hal, begitu juga dengan permintaan yang datang.

Hal yang dapat dilakukan untuk mengatasi ketidak pasatian tersebut adalah menambah margin untuk keamanan yang biasa disebut dengan *safety stock* (SS). *Safety stock* ini digunakan ketika stock normal telah habis karena ketidak pastian tersebut. SS tersebut tidak mempengaruhi jumlah pemesanan yang telah ditentukan sebelumnya menggunakan EOQ tetapi mempengaruhi waktu pemesanan yang telah ditentukan saat menghitung ROL membuat persamaannya menjadi

$$\mathbf{ROL = L \times D + SS} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\mathbf{SS = Z \times std L} \dots\dots\dots(2.8)$$

Jumlah SS akan sangat mempengaruhi pemenuhan permintaan yang datang atau dengan kata lain *service level* yang dapat diberikan perusahaan. Semakin tinggi *service level* yang diinginkan perusahaan maka akan semakin besar pula SS tersebut.

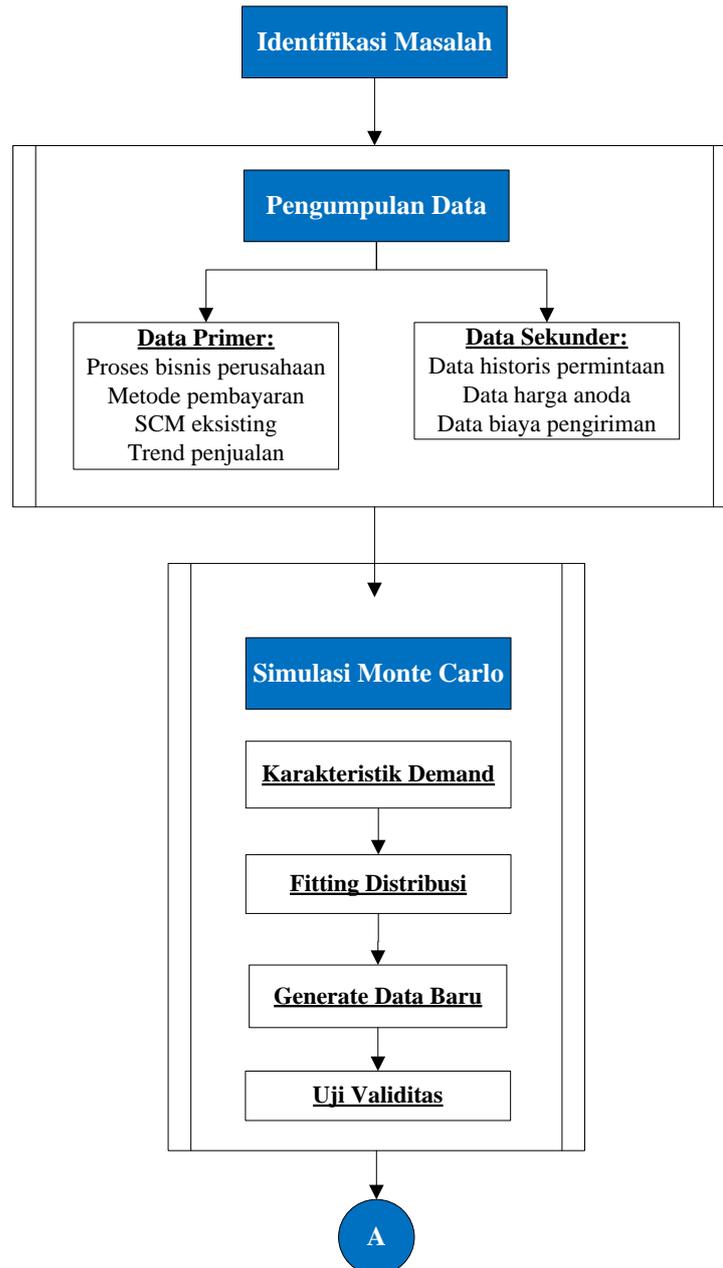
2.6 Simulasi Monte Carlo

Simulasi *Monte Carlo* memanfaatkan karakteristik distribusi dari data aktual yang kemudian digunakan untuk *generate* data baru yang memiliki karakteristik distribusi yang sama tetapi dengan nilai yang berbeda. Data baru yang didapatkan merupakan hasil dari simulasi oleh karena itu perlu dilakukan validasi untuk memastikan bahwa data baru dan data aktual valid. Data baru tersebut bisa dikatakan valid jika hasil perbandingan data baru dan aktual tidak berbeda secara signifikan. Untuk melakukan validasi ini nantinya akan digunakan metode t-test 2 sample dengan menggunakan bantuan *software* Minitab.

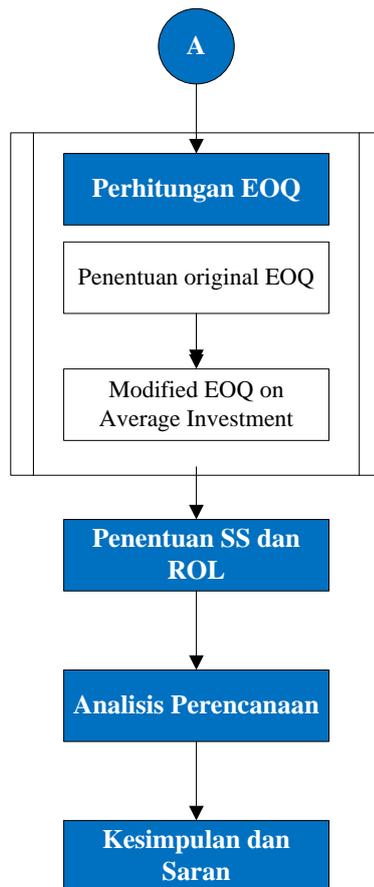
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah yang ada. Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam bentuk *flowchart*:



Gambar 3.1 *Flowchart* penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* penelitian(lanjutan)

3.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan kegiatan dari peneliti untuk mengetahui lebih dalam mengenai proses bisnis yang ada dari PT. Q untuk mengetahui masalah-masalah yang ada dan rencana kedepan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Pada tahap ini juga peneliti ingin mengetahui kondisi dari perusahaan lebih dalam dan mengenal karyawan lebih dekat.

3.2 Pengumpulan Data

Untuk mengetahui masalah yang di hadapi lebih jelas lagi mak diperlukan data-data pendukung yang dapat membantu peneliti melihat lebih jelas masalah yang ada dan menyelesaikan masalah tersebut. Data yang dimaksud terbagi atas dat primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan langsung oleh peneliti secara langsung untuk mengetahui masalah yang terjadi.

Data primer ini bisa didapatkan melalui wawancara, diskusi, dan observasi secara langsung. Data sekunder merupakan data yang didapatkan peneliti dari pihak lain seperti data permintaan masa lalu, harga, biaya pengiriman dll. Jurnal-jurnal pendukung bisa termasuk data sekunder yang dibutuhkan peneliti untuk menyelesaikan masalah yang ada.

Data-data tersebut sangatlah penting untuk melakukan perencanaan persediaan yang di harapkan nantinya dapat mengatasi masalah yang ada di PT. Q. data penjualan/permintaan nantinya digunakan menjadi dasar dilakukannya simulasi *Monte Carlo* yang menjadi dasar untuk perhitungan *Economic Order Quantity* (EOQ) dan *Safety Stock* (SS). Data pembelian digunakan untuk melihat harga beli anoda dari *supplier*. Sedangkan data pengiriman digunakan untuk mengetahui biaya kirim dari *supplier*.

3.3 Simulasi *Monte Carlo*

Simulasi *Monte Carlo* merupakan metode untuk mendapatkan nilai yang mendekati nilai yang sesungguhnya yang dalam hal ini adalah data permintaan dari anoda. *Monte Carlo* mendekati nilai yang dicari berdasarkan distribusi dari data asli. Oleh karena itu hal pertama yang dilakukan untuk melakukan simulasi *Monte Carlo* adalah melakukan *fitting* distribusi untuk mengetahui jenis distribusi dari data yang ada. Setelah diketahui jenis distribusinya maka dilakukan *generate* data baru berdasarkan parameter yang sama dengan data asli. Data baru ini akan memiliki nilai yang mendekati dari data asli tapi dengan parameter yang sama dengan data aslinya. Untuk memastikan data baru tersebut telah sesuai dengan data asli maka dilakukan uji validitas dengan menggunakan metode t-test untuk memastikan bahwa data baru tidak berbeda secara signifikan dengan data asli. Hasil simulasi *Monte Carlo* inilah yang nantinya menjadi data permintaan untuk melakukan perhitungan EOQ dan SS

3.4 Perhitungan EOQ

Perhitungan EOQ dilakukan untuk masing-masing tipe anoda sesuai dengan data permintaan satu tahun berdasarkan simulasi *Monte Carlo* yang telah dilakukan sebelumnya. EOQ ini nantinya akan menunjukkan berapa kuantitas yang harus

dipesan oleh PT. Q dalam sekali proses pemesanan termasuk komposisi anoda tiap tipenya sehingga dapat meminimalkan biaya yang keluar.

Langkah pertama adalah melakukan perhitungan EOQ dengan rumus umum yang digunakan sebagai dasar untuk melakukan perhitungan lebih lanjut. Langkah kedua adalah melakukan perhitungan EOQ tersebut dengan batasan investasi. Batasan investasi ini berlaku untuk total anoda yang dipesan sehingga perhitungan EOQ tiap tipe anoda pada langkah sebelumnya tersebut akan dilakukan analisis kembali untuk melihat apakah total biaya/investasi yang dikeluarkan oleh perusahaan telah sesuai dengan batasan yang ditentukan, jika belum maka pada langkah ini akan ditentukan berapa kuantitas yang sesuai dengan batasan investasi yang telah ditentukan tetapi juga dapat memenuhi permintaan yang ada.

3.5 Penentuan SS dan ROL

Setelah diketahui permintaan untuk masing-masing anoda pada tahun depan dan juga kuantitas dalam sekali pemesanan, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah menentukan SS dan ROL. SS sangat diperlukan dalam perencanaan ini karena permintaan yang ada berdasarkan simulasi *Monte Carlo* yang dibuat dan seperti yang di ketahui bahwa simulasi tidak selalu benar oleh karena itu dibutuhkan SS untuk mengantisipasi permintaan yang lebih dari yang ada. Sedangkan ROL dibutuhkan sehingga PT. Q mengetahui kapan harus melakukan pemesanan ulang ke *supplier* sebelum stok habis.

3.6 Analisis Perencanaan

Setelah semua perhitungan perencanaan telah dilakukan maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap perhitungan tersebut. Analisis ini dilakukan untuk melihat apakah perhitungan EOQ dan penentuan SS serta ROL yang dilakukan benar-benar dapat dilakukan dan juga telah memenuhi batasan yang telah di tentukan oleh PT. Q.

BAB IV

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

4.1 Data Permintaan

PT. Q memiliki beberapa produk yang ditawarkan untuk memenuhi kebutuhan pelanggannya, pada kasus ini akan fokus pada anoda. Anoda yang ditawarkan oleh PT. Q memiliki 6 tipe yaitu tipe GW1.8 dengan berat 1.8 Kg, GW3.2 dengan berat 3.2 Kg, GW4.8 dengan berat 4.8, GW 5.2 dengan berat 5.2 Kg, GW8.3 dengan berat 8.3 Kg, dan GW9.8 dengan berat 9.8 Kg, enam tipe anoda tersebut adalah anoda yang khusus untuk kapal.

Pada penelitian ini akan dilakukan perencanaan pemesanan anoda tersebut kepada *supplier* yang paling efisien. Untuk melakukan itu diperlukan data permintaan masing-masing anoda. Data permintaan yang ada merupakan data permintaan dari tahun 2015 hingga tahun 2017 hal ini karena PT. Q merupakan perusahaan yang baru berdiri selama 3 tahun.

Jika dilihat dari tabel 4.1 hingga 4.3 dibawah data permintaan dari anoda sangat unik karena terdapat banyak data yg bernilai 0 atau dengan kata lain tidak ada permintaan. Hal tersebut adalah salah satu karakteristik utama dari *Lumpy Demand*. Schultz, Carl R (1987) menyebutkan bahwa *lumpy demand* merupakan permintaan dengan jumlah besar yang dipisahkan oleh periode dengan *zero (0) demand*.

Data permintaan yang ada merupakan anoda dalam satuan *pieces* (pcs) karena PT. Q menjual anoda pada kustomer dengan harga per pcs tetapi pada saat melakukan pemesanan ke *supplier* satuan yang digunakan adalah total kilogram (kg) yang nantinya PT. Q dapat menentukan komposisi masing-masing tipe anoda sesuai dengan kebutuhannya. Untuk mengetahui total kg permintaan tiap tipe maka total pcs per tahunnya harus dikalikan berat masing-masing.

Tabel 4.1 Data Permintaan Tahun 2015

Item	Jan-15	Feb-15	Mar-15	Apr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Aug-15	Sep-15	Oct-15	Nov-15	Dec-15	Total Pcs	Total Kg
GW 1.8	25	0	59	0	25	0	0	0	16	0	0	24	149	268.2
GW 3.2	14	0	0	25	65	25	0	0	39	0	35	0	203	649.6
GW 4.8	0	59	0	78	36	0	49	0	26	0	34	0	282	1353.6
GW 5.2	0	55	0	26	0	33	0	44	23	0	0	14	195	1014
GW 8.3	44	0	0	22	0	68	0	35	0	16	26	0	211	1751.3
GW 9.8	24	16	0	0	0	56	28	0	17	0	0	36	177	1734.6

Tabel 4.2 Data Permintaan Tahun 2016

Item	Jan-16	Feb-16	Mar-16	Apr-16	May-16	Jun-16	Jul-16	Aug-16	Sep-16	Oct-16	Nov-16	Dec-16	Total Pcs	Total Kg
GW 1.8	0	0	6	34	0	0	0	12	12	12	64	18	158	284.4
GW 3.2	35	108	124	18	0	10	16	12	24	4	28	16	395	1264
GW 4.8	85	216	110	0	0	6	0	0	198	44	226	40	925	4440
GW 5.2	0	0	118	12	30	0	12	10	0	24	10	20	236	1227.2
GW 8.3	0	0	70	0	0	42	36	0	34	22	26	56	286	2373.8
GW 9.8	0	0	84	0	42	0	0	0	0	0	0	0	126	1234.8

Tabel 4.3 Data Permintaan Tahun 2017

Item	Jan-17	Feb-17	Mar-17	Apr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Aug-17	Sep-17	Oct-17	Nov-17	Dec-17	Total Pcs	Total Kg
GW 1.8	18	28	15	0	0	10	0	0	0	4	0	0	75	135
GW 3.2	4	30	44	12	12	4	41	66	12	145	55	48	473	1513.6
GW 4.8	49	0	70	0	7	60	40	57	0	128	24	0	435	2088
GW 5.2	17	10	22	16	16	0	24	6	20	12	22	0	165	858
GW 8.3	78	0	62	20	20	26	0	26	16	36	24	4	312	2589.6
GW 9.8	0	0	0	44	0	0	0	44	0	16	46	0	150	1470

Sebuah pola permintaan dapat dikatakan *lumpy demand* saat standar deviasi data tersebut lebih besar dari pada nilai rata-rata data. Berikut hasil uji *lumpiness* dari setiap tipe anoda selama tiga tahun:

Tabel 4.4 Uji *Lumpiness* Data

Item	stdev	average	karakter
1.8	15.81	10.61	<i>lumpy</i>
3.2	34.55	29.75	<i>lumpy</i>
4.8	60.73	45.61	<i>lumpy</i>
5.2	21.66	16.56	<i>lumpy</i>
8.3	22.77	22.47	<i>lumpy</i>
9.8	20.88	12.58	<i>lumpy</i>
11.6	23.84	12.08	<i>lumpy</i>

Dari hasil uji pada tabel 4.4 dapat diketahui bahwa seluruh tipe anoda PT. Q memiliki pola *lumpy demand*.

4.2 Simulasi *Monte Carlo*

Simulasi *Monte Carlo* merupakan metode simulasi dengan cara memunculkan nilai random sesuai dengan distribusi data aktual. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi jenis distribusi data yang ada, dalam hal ini akan digunakan data permintaan Anode GW 3.2 sebagai contoh. Untuk mengidentifikasi jenis distribusi data akan digunakan *software* Easyfit. Hasil running Easyfit untuk data GW 3.2 adalah sebagai berikut:

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	D. Uniform	0.25833	2	12.905	2
2	Geometric	0.16192	1	1.2181	1
3	Poisson	0.51336	3	123.72	3

#	Distribution	Parameters
1	D. Uniform	a=-30 b=89
2	Geometric	p=0.03252
3	Poisson	$\lambda=29.75$

Gambar 4.1 Hasil Uji Distribusi Data permintaan GW 3.2

Dari gambar 4.1 dapat diketahui bahwa data permintaan anoda GW 3.2 memiliki jenis distribusi Geometric dengan paramaters $p=0.0325$. setelah diketahui jenis distribusi dari data, langkah selanjutnya adalah men-*generate* data baru sesuai dengan yang dibutuhkan dengan jenis distribusi dan paramater yang sama dengan data aktualnya. *Generate* data baru menggunakan bantuan *software Easyfit*, hasil *generate* permintaan anode GW 3.2 untuk 36 periode adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil Simulasi *Monte Carlo*

GW 3.2	Actual	Simulasi
Total Pcs	1071	1093
Rata-rata/tahun	357	364
<i>Mean</i>	29.75	30.36
Stdev	34.55	39.50

Tabel 4.13 menunjukka hasil permintaan anoda GW 3.2 dengan menggunakan simulasi *Monte Carlo*, dapat diketahui jika hasil yang didapatkan menggunakan *Monte Carlo* memiliki pola yang mirip dengan data aktual dari GW 3.2 itu sendiri. Jika hasil tersebut dilakukan uji *Lumpiness* maka akan mendapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.6 Hasil Uji *Lumpiness*

Item	stdev	<i>average</i>	karakter
GW 3.2	39.50	30.36	Lumpy

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa hasil simulasi *Monte Carlo* memiliki karakter Lumpy yang sama dengan data aktual permintaan anoda GW 3.2.

Untuk memastikan bahwa simulasi *Monte Carlo* yang dilakukan telah sesuai dengan kondisi eksisting maka perlu dilakukan uji validitas untuk memastikan bahwa simulasi *Monte Carlo* dan data aktual permintaan anoda tidak berbeda secara signifikan. Uji Validitas ini dilakukan dengan menggunakan metode t-test 2 sample dengan menggunakan bantuan *software Minitab*. Hasil t-test untuk Anoda GW 3.2 adalah sebagai berikut:

Two-sample T for GW 3.2 vs Forec 3.2

	N	Mean	StDev	SE Mean
GW 3.2	36	29.8	35.0	5.8
Forec 3.2	36	30.4	40.1	6.7

Difference = μ (GW 3.2) - μ (Forec 3.2)

Estimate for difference: -0.61

95% CI for difference: (-18.31, 17.09)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = -0.07 P-Value = 0.945 DF = 68

Gambar 4.2 Hasil t-test GW 3.2

Dari hasil t-test gambar 4.2 dapat dilihat bahwa P-Value $> \alpha$ yang berarti bahwa data aktual dan data simulasi tidak berbeda signifikan secara statistik hal ini berarti bahwa hasil simulasi *Monte Carlo* ini valid. Hasil t-test untuk tipe anoda yang lain dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.7 Hasil Simulasi *Monte Carlo*

	GW 1.8	GW 3.2	GW 4.8	GW 5.2	GW 8.3	GW 9.8
Rata2 Demand/tahun (pcs)	142	364	511	196	270	147
Total Kg	255.0	1165.9	2451.2	1020.9	2238.2	1440.6

4.3 Perhitungan EOQ

Setelah diketahui kemungkinan permintaan untuk masing-masing anoda pada tahun 2018, PT. Q dapat melakukan perhitungan EOQ untuk menentukan rencana pemesanan ke *supplier* yang optimal. Untuk menghitung EOQ perlu diketahui nilai dari *unit cost* (uc), *reorder cost* (RC), *holding cost* (h).

Tabel 4.8 Keterangan harga

Variabel	Besaran	Satuan
RC	Rp 1,000	/Kg
UC	Rp 41,000	/Kg
h	20% UC	/Kg/tahun

Reorder cost (RC) merupakan yang harus dikeluarkan perusahaan pada saat melakukan pemesanan anoda ke *supplier*, pada kasus ini *reorder cost* merupakan biaya pengiriman dari gudang *supplier* ke gudang PT. Q. biaya kirim ini dikenakan sebesar Rp 1000/Kg. sehingga nantinya RC ini didapatkan dengan cara jumlah

permintaan anoda dalam setahun dikalikan dengan biaya kirim per kg yaitu Rp 1000. Sedangkan UC merupakan harga anoda per Kg. untuk *holding cost* (h) merupakan biaya penyimpanan yang dikeluarkan oleh PT. Q yang pada kasus ini sebesar 20% dari nilai anode per Kg per tahun. Pada kasus ini tidak terdapat biaya *backorder* yang pada umumnya muncul pada saat perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan atau terjadi keterlambatan, hal ini tidak terjadi karena PT. Q memenuhi permintaan kustomer dengan stock yang ada tanpa adanya *pre-order*, atau perjanjian sebelumnya sehingga saat pesanan datang akan dipenuhi sesuai dengan stock yang ada. *Backorder* tidak mungkin dilakukan karena kebutuhan anoda ini berhubungan dengan waktu *docking* kapal sehingga dibutuhkan ketepatan waktu dan tidak diprebolehkan terjadi keterlambatan. Setelah diketahui harga dan biaya serta permintaan untuk masing-masing anoda dapat dilakukan perhitungan EOQ dengan menggunakan rumus 2.1 yang hasilnya adalah :

Tabel 4.9 Harga dan Biaya untuk masing-masing tipe Anoda

	GW 1.8	GW 3.2	GW 4.8	GW 5.2	GW 8.3	GW 9.8
RC	Rp 262,800	Rp 947,200	Rp 2,270,400	Rp 759,200	Rp 2,075,000	Rp 1,607,200
UC	Rp 41,000	Rp 41,000	Rp 41,000	Rp 41,000	Rp 41,000	Rp 41,000
HC	Rp 8,200	Rp 8,200	Rp 8,200	Rp 8,200	Rp 8,200	Rp 8,200

Tabel 4.10 hasil Perhitungan EOQ

	GW 1.8	GW 3.2	GW 4.8	GW 5.2	GW 8.3	GW 9.8	Total
EOQ kg	126	576	1211	504	1105	711	4233
EOQ pcs	70	180	252	97	133	73	
frekuensi	2	2	2	2	2	2	

Tabel 4.10 menunjukkan hasil dari perhitunag EOQ untuk masing-masing tipe anoda berdasarkan permintaan hasil *Monte Carlo* pada bab 4.2 hasil EOQ tersebut menunjukkan jumlah Kg yang harus dipesan untuk masing-masing tipe anoda, tetapi perhitungan EOQ pada tahap ini setiap anoda bersifat independen yang artinya setiap anoda dianggap dipesan sendiri-sendiri tanpa memperhatikan jumlah pemesanan dari tipe lain. Pada baris pcs tabel 4.10 menunjukkan jumlah pcs yang dipesan untuk setiap anoda, seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa perusahaan melakukan pemesanan ke *supplier* dalam satuan kilogram dan

perusahaan menjualnya lagi dalam satuan pcs ke customer. Sedangkan baris frekuensi menunjukkan frekuensi pemesanan yang harus dilakukan oleh PT. Q untuk memenuhi permintaan pada tahun 2018.

Pada penelitian ini terdapat dua batasan yang menjadi pertimbangan penting untuk melakukan perencanaan, yang pertama adalah total biaya setiap pemesanan maksimal adalah Rp 75.000.000 dan yang kedua adalah rata-rata nilai persediaan yang diperbolehkan adalah Rp 30.000.000.

Tabel 4.11 Perhitungan Total Biaya

	EOQ kg	VC	Rata-rata Stock (Kg)	Rata-rata Nilai Persediaan	Biaya Pemesanan
GW 1.8	126	Rp 1,032,671	63	Rp 2,581,678	Rp 5,289,292
GW 3.2	576	Rp 4,721,400	288	Rp 11,803,500	Rp 24,182,781
GW 4.8	1211	Rp 9,926,603	605	Rp 24,816,509	Rp 50,843,579
GW 5.2	504	Rp 4,134,465	252	Rp 10,336,162	Rp 21,176,527
GW 8.3	1105	Rp 9,064,154	553	Rp 22,660,385	Rp 46,426,155
GW 9.8	711	Rp 5,833,985	356	Rp 14,580,963	Rp 29,881,388
Total	4316	Rp 35,387,958		Rp 86,783,198	Rp 177,799,723

Tabel 4.11 menunjukkan hasil perhitungan biaya untuk rencana EOQ tabel 4.10. *Variabel Cost* (VC) merupakan biaya penyimpanan anoda yang didapatkan dari perkalian HC dengan jumlah EOQ tiap tipe anoda. Untuk rata-rata nilai persediaan dapat diketahui dengan mengalikan UC dengan rata-rata stock yang ada. Sedangkan total biaya untuk sekali pemesanan didapatkan dengan mengalikan jumlah EOQ dengan UC yang ditambahkan dengan biaya pengiriman anoda yaitu Rp 1000/kg. Pada perencanaan EOQ ini dapat dilihat bahwa rata-rata nilai persediaan yang ada dan juga total biaya pemesanan melebihi batas yang telah ditetapkan oleh PT. Q. Batasan ini menjadi sangat penting karena PT. Q bukanlah perusahaan besar yang memiliki banyak dana investasi sehingga dana yang dikeluarkan untuk sekali pemesanan sangat terbatas dan juga nilai anoda yang berdiam di gudang juga menjadi perhatian perusahaan sehingga dana yang terbatas tersebut tidak banyak yang berhenti dan dapat terus berputar. Untuk melakukan perencanaan EOQ yang sesuai dengan batasan yang ada maka rumus umum EOQ (2.1) dilakukan

modifikasi dengan menambahkan batasan nilai persediaan tersebut sehingga menjadi persamaan (2.4).

Tabel 4.12 Perhitungan EOQ Modifikasi

Tipe	EOQ		Rata-rata Nilai Persediaan	frekuensi	Biaya Pemesanan
	Kg	pcs			
GW 1.8	43.53	24	Rp 892,458	6	Rp 1,828,450
GW 3.2	199.04	62	Rp 4,080,341	6	Rp 8,359,722
GW 4.8	418.48	87	Rp 8,578,795	6	Rp 17,576,068
GW 5.2	174.30	34	Rp 3,573,098	6	Rp 7,320,493
GW 8.3	382.12	46	Rp 7,833,447	6	Rp 16,049,013
GW 9.8	245.94	25	Rp 5,041,862	6	Rp 10,329,668
Total	1463.41		Rp 30,000,000		Rp 61,463,415

Tabel 4.12 Menunjukkan hasil perhitunag EOQ' yang telah diberikan batasan nilai persediaan yang diperbolehkan. Hasil EOQ' modifikasi lebih sedikit jika dibandingkan dengan EOQ awal tetapi didapatkan rata-rata nilai persediaan yang sesuai dengan batasan yang ditentukan. Efek dari jumlah EOQ yang lebih sedikit ini adalah meningkatnya frekuensi pemesanan yang awalnya adalah 2 kali pemesanan dalam setahun menjadi 6 kali dalam setahun untuk memenuhi permintaan anoda yang ada. Total biaya pemesanan yang perlu dikeluarkan PT. Q juga menjadi lebih kecil dan sesuai dengan batasan yang ada.

Pada perhitungan EOQ Modifikasi ini setiap tipe anoda tidak lagi bersifat independen seperti pada perhitungan EOQ tabel 4.10, pada perhitungan EOQ modifikasi ini setiap tipe anoda mempengaruhi tipe anoda yang lain sehingga dalam sekali pemesanan ke *supplier* akan mencakup setiap tipe anoda dengan mempertimbangkan total biaya pemesanan. Rencana EOQ Modifikasi ini adalah dalam sekali pemesanan ke *supplier* PT Q memesan dengan total 1463 Kg dengan komposisi 43 Kg GW 1.8, 195 Kg GW 3.2, 410 Kg GW 4.8, 171 GW 5.2, 375 GW 8.3, 246 GW 9.8, dalam setahun PT. Q akan melakukan 6 kali pemesanan dengan komposisi yang sama.

Dari segi biaya yang dikeluarkan hasil perhitungan EOQ modifikasi ini juga menghasilkan total biaya pemesanan yang lebih kecil karena jumlah anoda yang dipesan juga lebih kecil, hal itu juga membuar nilai rata-rata stock menjadi rendah dan sesuai dengan batasan yang ada.

4.4 Perhitungan ROL dan SS

Perhitungan EOQ hanya menentukan kuantitas anoda yang harus dipesan oleh PT. Q tetapi tidak menentukan kapan pesanan tersebut harus dilakukan. Untuk melengkapi rencana persediaan ini perlu juga ditentukan kapan PT. Q harus melakukan pemesanan dengan menggunakan ROL, ROL merupakan titik dimana dilakukan pemesanan sebelum stock perusahaan habis, tetapi karena permintaan pada anoda ini sangat tidak pasti maka PT. Q membutuhkan perencanaan inventory yang lebih matang untuk mengatasi ketidakpastian tersebut yaitu dengan menggunakan *safety stock* (SS). SS meningkatkan nilai dari ROL sehingga nilai ROL tersebut dapat menanggulangi jika ada permintaan yang tidak pasti. Untuk menghitung ROL ini digunakan persamaan 2.7 dengan *lead time* pengiriman adalah 1 minggu. Berikut merupakan contoh perhitungan ROL dengan input permintaan menggunakan simulasi *Monte Carlo* untuk Anoda GW 3.2:

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan ROL dan SS EOQ

	GW 1.8	GW 3.2	GW 4.8	GW 5.2	GW 8.3	GW 9.8
<i>Average Demand</i> /tahun (pcs)	142	364	511	196	270	147
<i>Stdev</i>	16.55	39.50	61.24	16.65	23.92	13.02
<i>Lead Time</i> (tahun)	0.08					
<i>Z</i>	1.64					
SS (pcs)	8	19	29	8	11	6
ROL + SS (pcs)	20	49	72	24	34	18
ROL + SS (kg)	34	152	332	122	271	174
Total (kg)	1086					

Tabel 4.13 merupakan hasil perhitungan ROL dan SS dari setiap tipe Anoda dimana *demand*/tahun didapatkan dari hasil menggunakan *Monte Carlo*. Pada perhitungan ROL data anoda dianggap berdistribusi normal dan ROL diharapkan dapat memenuhi 95% service level sehingga di dapatkan nilai Z adalah 1.64 dan *lead time* 1 bulan sama dengan 0.08 tahun. Dari perhitungan tabel 4.12 didapatkan ROL untuk GW 1.8 adalah 20 pcs, GW 3.2 49 pcs, GW 4.8 72 pcs, GW 5.2 24 pcs, GW 9.3 34 pcs da GW 9.8 18 pcs. Pada perhitungan ROL dan SS tabel 4.13 setiap tipe anoda bersifat independen sehingga pemesanan akan dilakukan pada saat

terdapat tipe anoda yang mencapai nilai ROL, berikut merupakan contoh skema pemesanan pada GW 1.8 dan GW 4.8.

Tabel 4.14 skema Pemesanan GW 1.8

Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Permintaan (kg)	11	16	46	20	15	8	9	5	17	23	66	26
Stock GW 1.8 (kg)	33	61	59	39	24	60	51	46	29	50	28	2
<i>Order Receive</i> (kg)	44	44	44			44				44	44	
<i>Order Release</i> (kg)	44	44			44				44	44		

Tabel 4.15 skema Pemesanan GW 4.8

Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Permintaan (kg)	68	221	109	204	114	122	32	72	436	224	724	130
Stock GW 4.8 (kg)	350	129	438	234	120	416	384	312	294	488	182	52
<i>Order Receive</i> (kg)	418		418			418			418	418	418	
<i>Order Release</i> (kg)	418	418			418			418	418	418		

Tabel 4.14 dan tabel 4.15 menunjukkan sekema pemesanan GW 1.8 dan GW 4.8 dengan pemesanan sesuai *EOQ Modified* dan nilai ROL sesuai dengan tabel 4.13. Baris permintaan merupakan rata-rata permintaan per bulan yang didapatkan dari hasil simulasi *Monte Carlo*, baris stock merupakan sisa stock pada bulan tersebut setelah ditambah *order received* dan dikurangi dengan permintaan pada bulan tersebut. *Order receive* merupakan pesanan yang telah diterima oleh PT. Q yang sebelumnya telah dilakukan pemesanan satu bulan sebelumnya (*order release*). Setiap order mengikuti hasil perhitungan EOQ pada tabel 4.12. jika dibandingkan maka dapat dilihat bahwa waktu pemesanan pada GW 4.8 dan GW 1.8 berbeda, GW 1.8 melakukan pemesanan pada bulan 1,2,3,6,10, dan 11 sedangkan GW 4.8 menerima pesanan pada bulan 1,3,6,9,10, dan 11. Perbedaan waktu pemesanan ini disebabkan karena perhitunag ROL dan SS yang dilakukan untuk masing-masing anoda tanpa melihat tipe anoda yang lain. Jika hal tersebut diterapkan ada kemungkinan PT. Q akan melakukan pemesanan setiap bulannya untuk tipe anoda yang berbeda dan hal tersebut tidak sesuai dengan perhitungan EOQ yang telah dilakukan sebelumnya, dimana PT. Q hanya perlu melakukan

pemesanan sebanyak 6 kali dalam waktu satu tahun. Untuk mengatasi masalah tersebut maka perhitungan ROL dan SS harus agregatkan tiap bulannya.

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan ROL dan SS EOQ Modified

Rata2 Demand/tahun (kg)	8578
Stdev	167.03
Lead Time	0.08
Z	1.64
SS (kg)	77
ROL + SS (kg)	764

Pada tabel 4.16 diperhitungkan saat anoda bersifat dependen dengan nilai Z 1.64 dan *lead time* 0.08 tahun. Pada perhitungan SS dan ROL ini menentukan berapa total berat (kg) anoda yang tersisa pada stock sebelum PT. Q melakukan pemesanan kembali kepada *supplier*. Hasil perhitungan ROL adalah pada saat pada stock PT. Q tersisa total 764 kg dari semua tipe, PT. Q akan melakukan pemesanan kembali ke *supplier* dengan kuantitas sesuai dengan hasil EOQ pada tabl 4.12.

Tabel 4.17 Skema Pemesanan Anoda

Bulan	1	2	3	4	5	6
Permintaan (kg)	510.67	613.10	1156.13	467.00	405.73	734.90
Total Stock (kg)	952.33	1802.23	2109.10	1642.10	1236.37	1964.47
<i>Order Receive</i> (kg)	1463	1463	1463			1463
<i>Order Release</i> (kg)	1463	1463			1463	
Bulan	7	8	9	10	11	12
Permintaan (kg)	375.60	562.33	924.80	810.63	1364.27	653.20
Total Stock (kg)	1588.87	1026.53	1564.73	754.10	852.83	199.63
<i>Order Receive</i> (kg)			1463		1463	
<i>Order Release</i> (kg)		1463		1463		

Tabel 4.17 menunjukkan skema pemesanan anoda dengan nilai ROL yang telah di agregatkan. Baris permintaan menunjukkan total kg permintaan anoda dari setiap tipe yang didapatkan dari simulasi *Monte Carlo*. Dengan menggunakan perhitungan ROL yang telah di agregatkan maka skema pemesanan anoda dapat

mengikuti hasil perhitungan EOQ pada tabel 4.12 dengan 6 kali pemesanan. Sehingga PT. Q dapat memenuhi permintaan yang ada dengan optimal

4.5 Analisa sensitifitas ROL dan SS

Analisa sensitifitas ini dilakukan pada hasil perhitungan ROL dan SS untuk melihat faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi besar kecilnya dari ROL dan SS. Faktor yang dipilih dalam analisa sensitivitas ini adalah service level dan juga *lead time*. Analisa ini untuk melihat sejauh apa dampak yang diberikan kepada nilai ROL dan SS jika kedua faktor tersebut berubah. Hasil perhitungan sensitivitas adalah sebagai berikut:

Tabel 4.18 Analisis Sensitifitas

Service Level	Lead Time	GW 1.8	GW 3.2	GW 4.8	GW 5.2	GW 8.3	GW 9.8
95%	0.08 Tahun	20	49	72	24	34	18
95%	0.17 Tahun	31	79	114	41	56	31
Peningkatan		60%	62%	60%	68%	67%	67%
98%	0.08 Tahun	22	54	79	26	37	20
Peningkatan		10%	10%	10%	8%	8%	8%
98%	0.17 Tahun	34	85	123	43	60	33
Peningkatan		72%	74%	72%	78%	78%	78%
90%	0.08	15	39	57	21	28	17
Peningkatan		24%	20%	20%	13%	17%	6%

Tabel 4.18 menunjukkan hasil perhitungan ROL dan SS jika dilakukan perubahan pada service level menjadi 98% dan *lead time* menjadi 0.17 tahun (2 bulan) yang awalnya hanya 0.08 (1 bulan). Dari tabel 4.27 dapat dilihat jika dampak peningkatan dari *lead time* lebih besar jika dibandingkan dengan service level. Peningkatan *lead time* berarti PT. Q harus bisa memenuhi permintaan yang datang dengan stock yang ada lebih lama sehingga dibutuhkan jumlah stock yang lebih banyak hal tersebutlah yang membuat nilai ROL mengalami peningkatan yang besar. Untuk service level menunjukkan seberapa besar kemampuan perusahaan untuk memenuhi permintaan yang datang, nilai awal service level 95% sudah sangat tinggi dan peningkatan menjadi 98% tidak terlalu signifikan. Selain service level

dan *lead time*, faktor lain yang mempengaruhi tentunya adalah besar kecilnya permintaan setiap tahunnya, semakin besar permintaan tentu nilai ROL dan SS akan semakin besar tetapi besar kecilnya permintaan tidak bisa di kendalikan oleh perusahaan oleh karena itu tidak perlu untuk di lakukan analisa sensitifitas.

4.6 Analisis Rencana Persediaan

Pada tahap-tahap sebelumnya telah dilakukan simulasi *Monte Carlo* untuk menentukan permintaan anoda tiap tipe untuk tahun 2018, perhitungan EOQ hingga penentuan ROL untuk menyusun rencana persediaan dari PT. Q. Dari perhitungan tersebut rencana persediaan yang paling sesuai untuk PT. Q adalah menggunakan simulasi *Monte Carlo* dengan jenis distribusi terbaik sesuai dengan hasil *fitting distribution* dan melakukan 6 kali pemesanan ke *supplier* dengan total 1463 Kg dalam setahun dengan komposisi 43 Kg GW 1.8, 195 Kg GW 3.2, 410 Kg GW 4.8, 171 GW 5.2, 375 GW 8.3, dan 246 Kg GW 9.8. PT. Q akan melakukan pemesanan anoda kembali ke *supplier* dengan komposisi yang sama jika stock anoda PT. Q tersisa total 764 kg dari semua tipe. Rencana pengendalian persediaan ini memiliki nilai rata-rata persediaan sebesar Rp 30.000.000 dan biaya sekali pemesanan adalah Rp 61.463.415, dengan rencana ini uang yang dikeluarkan oleh PT. Q tidak terlalu memberatkan dalam melakukan sekali pemesanan serta nilai persediaan yang ada juga tidak terlalu tinggi mengingat investasi PT. Q yang sangat terbatas.

Dari analisa sensitifitas telah dapat diketahui bahwa *lead time* memiliki dampak yang besar terhadap nilai dari ROL, semakin lama *lead* yang ada maka dibutuhkan SS yang besar untuk menanggulangi lamanya *lead time* tersebut, hal tersebut lah yang membuat nilai dari ROL tinggi. Untuk memastikan *lead time* PT. Q harus bisa menjalin kerja sama yang baik kepada *supplier* sehingga pemesanan dari PT. Q selalu menjadi prioritas dari *supplier*, di sisi lain PT. Q juga memiliki rencana pengiriman yang lebih terperinci dan bekerja sama dengan agen pengiriman yang sesuai sehingga waktu pengiriman juga dapat dikendalikan dengan baik oleh PT. Q.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan perhitungan yang dilakukan pada rencana persediaan ini didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Hasil perhitungan EOQ untuk PT. Q dengan input dari simulasi *Monte Carlo* adalah melakukan pesanan sebesar 4233 Kg dengan biaya sekali pemesanan Rp 177,799,723 dan rata-rata nilai inventori sebesar Rp 86,783,198 tetapi nilai tersebut lebih besar daripada batasan yang diberikan oleh PT. Q. oleh karena itu dilakukan modifikasi EOQ dengan menambahkan batasan pada perhitungan sehingga biaya pemesanan dan nilai rata-rata inventori bisa sesuai dengan batasan yang di berikan. Setelah dilakukan perhitungan dengan modifikasi EOQ didapatkan hasil PT Q akan melakukan pemesan dengan total 1463 Kg dengan komposisi 44 Kg GW 1.8, 199 Kg GW 3.2, 418 Kg GW 4.8, 174 GW 5.2, 382 GW 8.3, 243 GW 9.8. total biaya sekali pemesanan adalah Rp 61,463,415 dan rata-rata nilai inventori adalah Rp 30.000.000 nilai tersebut telah sesuai dengan batasan yang diberikan oleh PT. Q.
2. Perhitungan dari ROL tidak memiliki hubungan dengan hasil dari perhitungan EOQ tetapi berhubungan dengan *lead time* yang diberikan oleh *supplier* dan *service level* yang ingin di capai oleh PT. Q sehingga terlepas dari kuantitas pemesanan yang telah ditentukan nilai ROL akan tetap yaitu jika stock anoda PT. Q tersisa total 764 kg dari semua tipe.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang bisa dilakukan untuk pengembangan penelitian ini dan PT. Q adalah :

1. Pengembangan penelitian dengan mempertimbangkan peningkatan permintaan tiap tahunnya.
2. Pengembangan penelitian dengan ketidak pastian *lead time* pengiriman.

3. PT. Q menjalin kerja sama yang kuat dengan *supplier* untuk memastikan *lead time*.
4. PT. Q mencari *supplier* baru sehingga tidak bergantung pada satu *supplier* saja

DAFTAR PUSTAKA

- Ballou, R. H. (2004). *Business Logistics: Supply Chain Management*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2006). *Operations Management forr Competitive Advantage* (11th ed.). McGraw-Hill.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply Chain Management. Strategy, Planning, and Operation* (3rd ed.). New Jersey: Pearson Education.
- Croston, J. D. (1972). Forecasting and Stock Control for Intermittent Demands. *Operational Research Quarterly* , Vol. 23, 289-303.
- Kumala, I., Sukania, I. W., & Christianto, S. (2016). Optimasi Persediaan Spare Part Untuk Meningkatkan Total Penjualan Dengan Menggunakan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* (2016), Vol. 4, 166-174.
- Nenni, M. E., & Schiraldi, M. M. (2013). Optimizing Spare Parts Inventory in Shipping Industry. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 3152-3157.
- Nugroho, J. S. (2015). *Perancangan Long-Term Manpower Planning Pada SBU Engine Maintenance-APU Assy Disassy (Studi Kasus: PT. GMF Aeroasia)*. Surabaya: ITS.
- Schultz, C. R. (1987). Forecasting and Inventory Control for Sporadic Demand Under Periodic Review. *Operational Research Society Ltd*, 453-458.
- Siregar, L., Herlina, Lely, & Kulsum. (n.d.). Pengendalian Persediaan Bahan Baku di PT. ABC Dengan Model Q Back Order Menggunakan Simulasi Monte Carlo.
- Trimadania, D. (2011). *Penurunan Biaya Persediaan MRO Menggunakan Sistem Min-Max*. Depok.
- Waters, D. (2003). *Inventory Control and Management*. Chichester: WILEY.
- Waters, D. (2003). *Logistics: An Introduction to Supply Chain Management*. Hampshire: Palgrave Macmillan.
- Wongmongkolrit, S., & Rassameethes, B. (2011). The Modification of EOQ Model under the Spare Parts Discrete Demand: A Case Study of Slow

Moving Items. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2011 Vol II.*

LAMPIRAN

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	D. Uniform	0.30909	1	10.383	2
2	Geometric	0.44165	2	8.2403	1
3	Poisson	0.53596	3	113.13	3

#	Distribution	Parameters
1	D. Uniform	a=-16 b=38
2	Geometric	p=0.08612
3	Poisson	$\lambda=10.611$

Gambar 6.1 Hasil Uji Distribusi GW 1.8

#	Distribution	Parameters
1	D. Uniform	a=-30 b=89
2	Geometric	p=0.03252
3	Poisson	$\lambda=29.75$

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	D. Uniform	0.25833	2	12.905	2
2	Geometric	0.16192	1	1.2181	1
3	Poisson	0.51336	3	123.72	3

Gambar 6.2 Hasil Uji Distribusi GW 3.2

#	Distribution	Parameters
1	D. Uniform	a=-59 b=150
2	Geometric	p=0.02145
3	Poisson	$\lambda=45.611$

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	D. Uniform	0.28571	1	13.184	2
2	Geometric	0.36743	2	9.9703	1
3	Poisson	0.49884	3	96.963	3

Gambar 6.3 Hasil uji Distribusi GW 4.8

#	Distribution	Parameters
1	D. Uniform	a=-20 b=54
2	Geometric	p=0.05696
3	Poisson	$\lambda=16.556$

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	D. Uniform	0.28	2	10.273	2
2	Geometric	0.27637	1	3.0131	1
3	Poisson	0.38412	3	76.933	3

Gambar 6.4 Hasil Uji Distribusi GW 5.2

#	Distribution	Parameters
1	D. Uniform	a=-16 b=61
2	Geometric	p=0.0426
3	Neg. Binomial	n=1 p=0.04336
4	Poisson	$\lambda=22.472$

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	D. Uniform	0.21795	1	15.051	3
2	Geometric	0.31851	3	5.2735	1
3	Neg. Binomial	0.31775	2	5.2826	2
4	Poisson	0.38889	4	137.05	4

Gambar 6.5 Hasil Uji Distribusi GW 8.3

#	Distribution	Parameters
1	D. Uniform	a=-23 b=48
2	Geometric	p=0.07362
3	Poisson	$\lambda=12.583$

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	D. Uniform	0.33333	1	11.683	1
2	Geometric	0.59305	2	19.028	2
3	Poisson	0.66666	3	222.09	3

Gambar 6.6 Hasil Uji Distribusi GW 8.3

	N	Mean	StDev	SE Mean
GW 1.8	36	10.6	16.0	2.7
Forec 1.8	36	11.8	16.8	2.8

Difference = μ (GW 1.8) - μ (Forec 1.8)
 Estimate for difference: -1.19
 95% CI for difference: (-8.91, 6.52)
 T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = -0.31 P-Value = 0.758 DF = 69

Gambar 6.7 Hasil Uji Validitas t-test GW 1.8

	N	Mean	StDev	SE Mean
GW 4.8	36	45.6	61.6	10
Forec 4.8	36	42.6	62.1	10

Difference = μ (GW 4.8) - μ (Forec 4.8)
 Estimate for difference: 3.1
 95% CI for difference: (-26.0, 32.1)
 T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 0.21 P-Value = 0.835 DF = 69

Gambar 6.8 Hasil Uji Validitas t-test GW 4.8

	N	Mean	StDev	SE Mean
GW 5.2	36	16.6	22.0	3.7
Forec 5.2	36	16.4	16.9	2.8

Difference = μ (GW 5.2) - μ (Forec 5.2)
 Estimate for difference: 0.19
 95% CI for difference: (-9.03, 9.42)
 T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 0.04 P-Value = 0.967 DF = 65

Gambar 6.9 Hasil Uji Validitas t-test GW 5.2

	N	Mean	StDev	SE Mean
GW 8.3	36	22.5	23.1	3.8
Forec 8.3	36	22.5	24.3	4.0

Difference = μ (GW 8.3) - μ (Forec 8.3)
 Estimate for difference: 0.00
 95% CI for difference: (-11.13, 11.13)
 T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 0.00 P-Value = 1.000 DF = 69

Gambar 6.10 Hasil Uji Validitas t-test GW 8.3

	N	Mean	StDev	SE Mean
GW 9.8	36	12.6	21.2	3.5
Forec 9.8	36	12.3	13.2	2.2

Difference = μ (GW 9.8) - μ (Forec 9.8)
 Estimate for difference: 0.28
 95% CI for difference: (-8.05, 8.60)
 T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 0.07 P-Value = 0.947 DF = 58

Gambar 6.11 Hasil Uji Validitas t-test GW 9.8