

Tugas Akhir

**PERENCANAAN PERSEDIAAN SPARE PART SHUTDOWN BOILER
BERDASARKAN ANALISIS MULTI UNIT SPARES INVENTORY
CONTROL-THREE DIMENSIONAL APPROACH (MUSIC-3D)
DENGAN SIMULASI MONTE CARLO
(Studi Kasus *Material Planning and Warehouse Section*, PT. Badak NGL)**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat ujian
guna memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Disusun Oleh :
M. REZA AL HADY RAIS
D221 16 304

**DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA
2020**



Tugas Akhir

**PERENCANAAN PERSEDIAAN SPARE PART SHUTDOWN BOILER
BERDASARKAN ANALISIS MULTI UNIT SPARES INVENTORY
CONTROL-THREE DIMENSIONAL APPROACH (MUSIC-3D)
DENGAN SIMULASI MONTE CARLO
(Studi Kasus *Material Planning and Warehouse Section, PT. Badak NGL*)**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat ujian
guna memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Disusun Oleh :
M. REZA AL HADY RAIS
D221 16 304

**DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2020**



LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir :

**PERENCANAAN PERSEDIAAN SPARE PART SHUTDOWN BOILER
BERDASARKAN ANALISIS MULTI UNIT SPARES INVENTORY
CONTROL-THREE DIMENSIONAL APPROACH (MUSIC-3D)
DENGAN SIMULASI MONTE CARLO
(Studi Kasus Material Planning and Warehouse Section, PT. Badak NGL)**

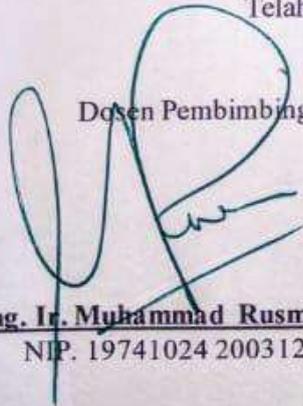
Disusun Oleh :

**M. REZA AL HADY RAIS
D221 16 304**

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

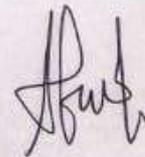
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I



Dr. Eng. Ir. Muhammad Rusman, S.T., M.T.
NIP. 19741024 200312 1 002

Dosen Pembimbing II



A. Besse Rivani Indah, S.T., M.T.
NIP. 19891201 201903 2 013

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Dr. Saiful, S.T., M.T., IPM.
NIP. 19810606 200604 1 004



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini, nama M. Reza Al Hady Rais, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Perencanaan Persediaan *Spare Part Shutdown Boiler Berdasarkan Analisis Multi Unit Spares Inventory Control-Three Dimensional Approach (MUSIC-3D) Dengan Simulasi Monte Carlo (Studi Kasus Material Planning and Warehouse Section, PT. Badak NGL)*”**, adalah skripsi penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Skripsi ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitnya serta memasukkannya ke dalam daftar pustaka skripsi ini. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko yang ada.

Makassar, 19 Agustus 2020
Yang membuat pernyataan,



M. Reza Al Hady Rais
Nim. D221 16 304



ABSTRAK

PT. Badak NGL adalah perusahaan penghasil gas alam cair LNG (*Liquid Natural Gas*) terbesar di Indonesia. Permasalahan yang dihadapi perusahaan ialah dalam beberapa kasus pada masa pengerjaan *shutdown boiler* terjadi *stock out* pada persediaan *spare part*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis model persediaan *spare part* yang tepat agar diperoleh kuantitas pemesanan optimal untuk memenuhi permintaan (*service level*) dan total biaya persediaan minimal pengerjaan *shutdown boiler*.

Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi material menggunakan analisis *MUSIC-3D* pada 65 *spare part shutdown boiler* untuk selanjutnya dilakukan perencanaan persediaan untuk material yang berada pada kategori 1 dan 2. Untuk penentuan kuantitas pemesanan optimal digunakan model pendekatan *continuous review system (Q,s)* untuk selanjutnya dilakukan simulasi tingkat persediaan digudang dengan simulasi *monte carlo*.

Hasil analisis *MUSIC-3D* menunjukkan bahwa ada 7 jenis *spare part* yang merupakan material dengan tingkat investasi tinggi, dan tergolong material kritis dengan *lead time* yang panjang. Dengan skenario simulasi *monte carlo* didapatkan peningkatan rata-rata *service level* sebesar 4% terhadap metode usulan. Adapun metode *continues review system (Q,s)* dengan skenario simulasi menghasilkan rata-rata *total cost* minimum sebesar Rp388.446.334 lebih rendah dibandingkan dengan kebijakan perusahaan dengan rata-rata *total cost* sebesar Rp794.209.807.

Kata Kunci : *Persediaan, Analisis MUSIC-3D, Continues Review System (Q,s), Simulasi Monte Carlo*



ABSTRACT

PT. Badak NGL is the largest producer of liquefied natural gas (LNG) in Indonesia. Problems that cause the company to exist in some cases during the period of shutdown boiler operation occur stock out when receiving spare parts. Therefore, this study aims to analyze the exact spare parts procurement model in order to obtain an optimal order to meet demand (service level) and the minimum total cost of procuring the boiler shutdown.

In this study, the material classification was carried out using MUSIC-3D analysis on 65 boiler shutdown spare parts for further inventory planning for materials in categories 1 and 2. To determine the optimal order quantity, the continuous review system (Q, s) approach was used. The inventory level simulation is done in the warehouse with the monte carlo simulation.

The results of MUSIC-3D analysis show that there are 7 types of spare parts which are materials with high investment levels, and classified as critical materials with long lead times. With the monte carlo simulation scenario, the average service level increases by 5% on the proposed method. The method continues review system (Q, s) with the simulation scenario produces an average minimum total cost of Rp. 388.446.334 lower than the company policy with an average total cost of Rp. 794.209.807.

Keywords: *Inventory, MUSIC-3D Analysis, Continues Review System (Q, s) , Monte Carlo Simulation*



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahil'alamin

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena atas berkah dan rahmat-Nya lah, penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Persediaan *Spare Part Shutdown Boiler* Berdasarkan Analisis *Multi Unit Spares Inventory Control-Three Dimensional approach (Music-3D)* Dengan Simulasi *Monte Carlo*” di PT. Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu bentuk syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dan berjalan dengan lancar berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, diantaranya :

1. Allah SWT, atas rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Orang tua dan Keluarga yang senantiasa memberikan dukungan dan doa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Farid Mardin, ST., MT., M.Sc selaku Ketua Departemen dan pembimbing akademik saya di Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Rusman, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I, terima kasih atas segala bimbingannya selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Ibu A. Besse Riyani Indah, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II, terima kasih atas segala bimbingannya selama penyelesaian Tugas Akhir ini.

terima kasih dan Ibu Dosen serta staf Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.



7. Bapak Ir. Mulyadi, MT selaku Dosen Pembimbing Kerja Praktik program studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis selama Kerja Praktik.
8. Bapak Taufik Hidayat selaku pembimbing utama dan lapangan di Maintenance Planning and Warehouse Section PT. Badak NGL dan segenap karyawan di Training Section PT. Badak NGL.
9. Afif Muhammad Willem dan Priatno Kevin Topayung selaku Rekan Partner se-universitas yang telah berjuang bersama selama melaksanakan Kerja Praktik di PT. Badak NGL.
10. Teman-teman ZIGMA, Teknik Industri angkatan 2016 Universitas Hasanuddin yang senantiasa memberikan dukungan selama masa perkuliahan.
11. Teman-teman ATOM, Alumni IPA I SMA Negeri 1 Mamuju Angkatan 2015 yang senantiasa memberikan dukungan selama masa perkuliahan.
12. Nurul Khaerunnisa Hasmudi yang selalu memberi dukungan dan perhatian selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Semua pihak yang berperan dalam pelaksanaan penelitian dan penyelesaian laporan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari kelemahan dan keterbatasan kemampuan diri penyusun dalam menyelesaikan suatu masalah. Dengan adanya bantuan serta dukungan dari luar diri pribadi penyusun sehingga masalah yang dihadapi penulis dapat teratasi. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna sehingga diperlukan evaluasi untuk peningkatan kualitas yang berkelanjutan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Penulis mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat menambah wawasan dan bermanfaat bagi para pembacanya.

Penulis



DAFTAR ISI

SAMPUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Penelitian Pendahulu.....	7
2.2. Persediaan	12
2.2.1. Definisi Persediaan	12
2.2.2. Penyebab dan Fungsi Persediaan	12
2.2.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Persediaan.....	14
2.2.4. Pola Permintaan <i>Inventory</i>	14
2.3. <i>MUSIC-3D</i>	16
2.4. Model Kebijakan Persediaan	17
2.4.1. Model Deterministik	17
2.4.2. Model Probabilistik.....	17
2.5. Sistem Kontrol Persediaan	18
2.5.1. <i>Periodic Review System</i>	18
2.5.2. <i>Continuous Review System</i>	20



2.6.	Biaya Persediaan	22
2.7.	Simulasi <i>Monte Carlo</i>	23
2.7.1.	Definisi Simulasi <i>Monte Carlo</i>	23
2.7.2.	Langkah-langkah dalam Simulasi <i>Monte Carlo</i>	24
2.7.3.	Replikasi dalam Simulasi <i>Monte Carlo</i>	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		26
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.2.	Metode Pengumpulan Data.....	26
3.3.	Sumber Data.....	26
3.4.	Prosedur Penelitian	27
3.5.	Kerangka Pikir	31
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		32
4.1.	Pengumpulan Data	32
4.1.1.	Data Historis Penggunaan <i>Spare Part</i>	32
4.1.2.	Data Harga dan Biaya-biaya Persediaan	34
4.1.3.	Data <i>Lead Time</i>	37
4.2.	Pengolahan Data	40
4.2.1.	Analisis <i>MUSIC-3D</i>	40
4.2.2.	Matriks Analisis <i>MUSIC-3D</i>	47
4.2.3.	Perhitungan Parameter Persediaan dengan Metode <i>Continues Review (Q,s) System</i>	49
4.2.4.	Perhitungan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i> Metode <i>Continues Review (Q,s) System</i>	54
4.2.5.	Perhitungan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i> Kebijakan Perusahaan....	57
4.2.6.	Simulasi <i>Monte Carlo</i>	60
4.2.1.	Perhitungan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i> Dengan Simulasi <i>Monte Carlo</i>	73
4.2.1.	Perbandingan Hasil Perhitungan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i>	74
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		76
5.1.	Analisis Klasifikasi Material.....	76
	Analisis Klasifikasi ABC.....	76
	Analisis Klasifikasi VED.....	77
	Analisis Klasifikasi SDE.....	79



5.2.	Matriks <i>MUSIC-3D</i>	80
5.3.	Analisis Hasil Perhitungan Perencanaan Persediaan	82
5.3.1.	<i>Spare Part Stock Code</i> 400929	83
5.3.2.	<i>Spare Part Stock Code</i> 134171	83
5.3.3.	<i>Spare Part Stock Code</i> 735100	84
5.3.4.	<i>Spare Part Stock Code</i> 301762	85
5.3.5.	<i>Spare Part Stock Code</i> 400804	85
5.3.6.	<i>Spare Part Stock Code</i> 785915	86
5.3.7.	<i>Spare Part Stock Code</i> 177295	87
BAB VI PENUTUP		90
6.1.	Kesimpulan	90
6.2.	Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA		92
LAMPIRAN.....		94



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Matriks Analisis <i>MUSIC-3D</i>	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan).....	30
Gambar 3.3 Kerangka Pikir.....	31
Gambar 5.1 Diagram Hasil Analisis ABC <i>Spare Part Shutdown Boiler</i>	76
Gambar 5.2 Diagram Hasil Analisis VED <i>Spare Part Shutdown Boiler</i>	78
Gambar 5.3 Diagram Hasil Analisis SDE <i>Spare Part Shutdown Boiler</i>	79



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Posisi Penelitian	10
Tabel 4.1 Data Historis Penggunaan <i>Spare Part Shutdown Boiler</i>	32
Tabel 4.2 Data <i>Ordering Cost Spare Part Shutdown Boiler</i>	34
Tabel 4.3 Data Harga dan Biaya-biaya Persediaan <i>Spare Part Shutdown Boiler</i>	36
Tabel 4.4 Data <i>Lead Time Spare Part Shutdown Boiler</i>	38
Tabel 4.5 Kategori Material <i>Shutdown Boiler</i> PT. Badak NGL Berdasarkan Analisis ABC Tahun 2017-2019	41
Tabel 4.6 Hasil Klasifikasi Analisis ABC <i>Spare Part Shutdwon Boiler</i>	44
Tabel 4.7 Kategori Material <i>Shutdown Boiler</i> PT. Badak NGL Berdasarkan Analisis VED Tahun 2017-2019	44
Tabel 4.8 Hasil Klasifikasi Analisis VED <i>Spare Part Shutdwon Boiler</i>	45
Tabel 4.9 Kategori Material <i>Shutdown Boiler</i> PT. Badak NGL Berdasarkan Analisis SDE Tahun 2017-2019	46
Tabel 4.10 Hasil Klasifikasi Analisis SDE <i>Spare Part Shutdwon Boiler</i>	47
Tabel 4.11 Matriks Analisis MUSIC-3D <i>Spare Part Shutdown Boiler</i>	47
Tabel 4.12 Deskripsi Material Terpilih <i>Shutdown Boiler</i> Berdasarkan Analisis MUSIC-3D	48
Tabel 4.13 Item-item Perhitungan Metode <i>Continues Review (Q,s) System</i>	49
Tabel 4.14 Rekap Perhitungan Nilai Kombinasi ROP dan Q dengan Metode <i>Q,s System</i>	53
Tabel 4.15 Item-item Perhitungan <i>Spare Part 400929</i> dengan Metode <i>Q,s System</i>	54
Tabel 4.16 <i>Inventory management</i> Persediaan <i>Spare Part 400929</i> dengan Metode <i>Continues Review (Q,s) System</i> menggunakan <i>Demand Historis</i> Perusahaan	55
Tabel 4.17 Hasil Rekap Perhitungan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i> Perhitungan Persediaan dengan Metode <i>Q,s System</i>	57
8 Item-item Perhitungan <i>Spare Part 400929</i> berdasarkan kebijakan perusahaan	57



Tabel 4.19 <i>Inventory management</i> Persediaan <i>Spare Part</i> 400929 Berdasarkan Kebijakan Perusahaan menggunakan <i>Demand</i> Historis Perusahaan .	58
Tabel 4.20 Frekuensi <i>Demand Spare Part</i> 400929 dengan Monte Carlo	61
Tabel 4.21 Frekuensi <i>Demand</i> dan Probabilitas Kumulatif <i>Spare Part</i> 400929 dengan Monte Carlo.....	61
Tabel 4.22 Nilai Interval Kelas <i>Spare Part</i> 400929 dengan Monte Carlo.....	62
Tabel 4.23 Bilangan Random <i>Spare Part</i> 400929 dengan Monte Carlo	62
Tabel 4.24 Hasil Pembangkitan Bilangan Acak <i>Spare Part</i> 400929 dengan Monte Carlo	63
Tabel 4.25 Item-item Simulasi Monte Carlo <i>Spare Part</i> 400929	63
Tabel 4.26 Hasil Akhir Rata-rata Parameter Performansi <i>Inventory Management</i>	66
Tabel 4.27 Hasil Replikasi Awal (n=200).....	68
Tabel 4.28 Hasil Simulasi Parameter Performansi <i>Inventory Management</i> dengan 1000 Replikasi pada <i>Spare Part</i> 400929.....	70
Tabel 4.29 Simulasi <i>Monte Carlo Inventory Management</i> Persediaan <i>Spare Part</i> 400929.....	71
Tabel 4.30 Skenario Simulasi Nilai <i>Min</i> dan <i>Q</i> Optimal <i>Stock Code</i> 400929	73
Tabel 4.31 Skenario Simulasi Nilai <i>Min</i> dan <i>Q</i> Optimal <i>Stock Code</i> 134171	73
Tabel 4.32 Skenario Simulasi Nilai <i>Min</i> dan <i>Q</i> Optimal <i>Stock Code</i> 735100	73
Tabel 4.33 Skenario Simulasi Nilai <i>Min</i> dan <i>Q</i> Optimal <i>Stock Code</i> 301762	74
Tabel 4.34 Skenario Simulasi Nilai <i>Min</i> dan <i>Q</i> Optimal <i>Stock Code</i> 400804	74
Tabel 4.35 Skenario Simulasi Nilai <i>Min</i> dan <i>Q</i> Optimal <i>Stock Code</i> 785915	74
Tabel 4.36 Skenario Simulasi Nilai <i>Min</i> dan <i>Q</i> Optimal <i>Stock Code</i> 177295	74
Tabel 4.37 Perbandingan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i> Keseluruhan Metode	75
Tabel 5.1 Hasil Analisis MUSIC-3D <i>Spare Part Shutdown Boiler</i>	81
Tabel 5.2 Hasil Perbandingan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i>	83
Tabel 5.3 Hasil Perbandingan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i>	84
Hasil Perbandingan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i>	84
Hasil Perbandingan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i>	85
Hasil Perbandingan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i>	85



Tabel 5.7 Hasil Perbandingan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i>	86
Tabel 5.8 Hasil Perbandingan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i>	87
Tabel 5.9 Perbandingan <i>Total Cost</i> dan <i>Service Level</i> Metode <i>Q,s System</i> dan Metode Perusahaan.....	88



DAFTAR PERSAMAAN

(Pers. 2.1)	19
(Pers. 2.2)	19
(Pers. 2.3)	19
(Pers. 2.4)	19
(Pers. 2.5)	19
(Pers. 2.6)	21
(Pers. 2.7)	21
(Pers. 2.8)	21
(Pers. 2.9)	21
(Pers. 2.10)	21
(Pers. 2.11)	22
(Pers. 2.12)	24
(Pers. 2.13)	25



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Badak *Natural Gas Liquefaction* atau yang lebih dikenal dengan PT. Badak NGL adalah perusahaan penghasil gas alam cair LNG (*Liquid Natural Gas*) terbesar di Indonesia dan memiliki salah satu kilang LNG yang terbesar di dunia. Dalam dunia Industri, tidak terkecuali Industri gas alam, idealnya peralatan dan mesin dapat beroperasi 100% dalam kondisi *full capacity* dan menghasilkan kualitas produk dalam pemenuhan permintaan pasar. Namun demikian, dalam kenyataannya kondisi ini bisa jadi sangat sulit terjadi. Banyak faktor yang kemudian menjadi penghalangnya, salah satunya adalah permasalahan pada kilang LNG.

Agar kendaraan yang digunakan *reliable*, pemilik kendaraan perlu melakukan *service* secara berkala. Hal ini dilakukan untuk mencegah kendaraan mengalami masalah saat digunakan dan meningkatkan kembali performa apabila terjadi penurunan. Seperti kendaraan, kilang Badak LNG juga perlu mendapat perawatan rutin. Apalagi, beberapa *process train* dan *utilities* masih digunakan setiap hari selama 24 jam tanpa henti. Salah satu upaya perawatan sekaligus menjaga kehandalan kilang adalah *shutdown train* dan *utilities* yaitu *Boiler* secara rutin 2-3 kali dalam 5 tahun. Kegiatan ini memiliki kekhasan tersendiri; tidak bisa terlalu sering, tetapi juga tidak boleh menunggu terlalu lama karena akan menyebabkan tingginya biaya operasional. Oleh karena itu, PT. Badak NGL selalu melakukan analisis untuk mengetahui tingkat penurunan performa kilang agar *shutdown* yang dilakukan optimal, baik dari sisi waktu maupun *budget*.

Dalam Penelitian yang dilakukan oleh Okitasari & Nur (2019) dilakukan analisis *critical spare part* dengan pendekatan *Music 3D (Multi Spares Inventory Control-Three Dimensional approach)*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka penetapan kebijakan persediaan suku cadang dengan pendekatan tersebut membantu dalam mengetahui



komponen-komponen kritis untuk kemudian ditentukan minimum dan maksimum stok untuk masing-masing komponen kritis tersebut.

Salah satu hal penting pada manajemen operasi, yaitu strategi pengendalian persediaan bahan baku maupun *spare part*. Dampak dari kurang terkendalinya persediaan material akan merugikan perusahaan. Persediaan material berlebih akan menyebabkan terjadinya *overstock* atau kelebihan barang sehingga mengakibatkan penumpukan barang. Dalam penelitian Aditya et al. (2010) dilakukan Simulasi *Monte Carlo* untuk memberi gambaran kondisi persediaan suku cadang dengan pendekatan *periodic review (R,s,S) system* secara lebih nyata. Modifikasi stok dilakukan untuk mengantisipasi variabilitas yang tinggi pada *demand* dan *lead time* ketika rumus EOQ tidak mampu mengakomodasi target *service level*. Sementara pada penelitian yang dilakukan Sentia et al. (2016) menggunakan persediaan model P dengan karakteristik pengendalian persediaan pemesanan dilakukan menurut suatu interval waktu yang tetap (T_0) dan ukuran *lot* pemesanan masing-masing suku cadang untuk mendapatkan total biaya persediaan minimum.

Pada kondisi saat ini, PT. Badak NGL memiliki 16 (enam belas) unit *boiler* yang terbagi kedalam Modul I (untuk *train* ABCD) dan Modul II (untuk *train* EFGH) yang berfungsi untuk memproduksi *steam* (uap) yang dapat digunakan untuk proses atau kebutuhan selanjutnya pada LNG PT. Badak hingga *train* H. Dimana ketika dilakukan pergantian *spare part boiler* sebagai upaya perawatan dan menjaga kehandalan kilang maka *boiler* tidak dapat dioperasikan (*shutdown*). Untuk mendukung proses tersebut maka persediaan *spare part* harus selalu terpenuhi pada masa perawatan (*shutdown boiler*) agar kegiatan operasional tidak terganggu dan suplai *steam* (uap) untuk produksi LNG tetap berjalan. Namun permasalahan yang terjadi ketika masa pengerjaan *shutdown boiler* adalah dalam beberapa

us *spare part* mengalami *stock out* karena tidak sesuai dengan rencana pergantian *spare part*. Dalam hal ini kegiatan operasional menjadi terganggu dan PT. Badak NGL mengalami kerugian. Oleh karena



itu, dibutuhkan kebijakan persediaan *spare part* untuk dapat mengatasi masalah tersebut.

Dalam penelitian Kharisma et al. (2013) dilakukan klasifikasi *spare part* dengan pola permintaan probabilistik berdasarkan analisis FSN dengan meramalkan persediaan untuk tiga tahun berikutnya menggunakan metode *croston*, *Synthetos Boylan Approximation* (SBA), simulasi *Monte Carlo*, dan MTTF yang selanjutnya digunakan untuk perencanaan persediaan dan biaya yang dibutuhkan. Hasil dari penelitian tersebut adalah metode dengan peramalan yang memiliki nilai error terkecil tidak selalu menghasilkan biaya persediaan yang terkecil pula. Adapun pada penelitian yang dilakukan Mahardika et al. (2015) digunakan analisis ADI-CV untuk mengklasifikasikan suku cadang berdasarkan karakteristik permintaan melalui interval waktu datangnya permintaan dan keberagaman tingkat permintaan yang datang dan *periodic review system* untuk menentukan ukuran *lot* persediaan suku cadang dengan pola permintaan probabilistik. Hasilnya, sistem persediaan mampu menghasilkan total biaya persediaan yang lebih rendah dengan menekan volume *backorder*, volume pemesanan dan tingkat persediaan secara seimbang.

Berdasarkan data material untuk pengerjaan *shutdown* di *Maintenance Planning and Warehouse section* PT. Badak NGL terdapat beberapa material yang *overstock* maupun *stock out* dari proyek pengerjaan *shutdown* periode sebelumnya. Persediaan *spare part* berlebih atau kurang sangat merugikan perusahaan, hal ini menyebabkan keuntungan perusahaan yang menjadi berkurang akibat biaya yang di munculkan semakin tinggi. Apabila hal ini terjadi, dampaknya tidak hanya pada keuntungan saja yang akan berkurang, akan tetapi juga akan memunculkan biaya-biaya lainnya diantaranya biaya penyimpanan, biaya perawatan dan biaya-biaya lainnya.

Dalam penelitian ini, dibutuhkan langkah perbaikan yang dirancang adap sistem yang ada dengan merancang suatu sistem persediaan *spare part* dengan model probabilistik dan simulasi *Monte Carlo*. Dengan konsep simulasi *Monte Carlo* dapat disimulasikan tingkat persediaan di gudang



berdasarkan parameter tertentu, dan dapat dilihat dari aspek-aspek biaya seperti *holding cost*, *ordering cost*, dan *stockout cost* sehingga dapat memberikan rekomendasi kebijakan metode pengendalian persediaan material yang lebih efisien. Dalam aplikasinya, sistem tersebut akan menentukan strategi persediaan yang optimum bagi perusahaan untuk meningkatkan pelayanan dan mengurangi total biaya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas maka permasalahan yang dapat dirumuskan pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana penentuan nilai *minimum stock* serta pemesanan optimal untuk mengurangi terjadinya *stock out* pada persediaan *spare part shutdown boiler* ?
2. Bagaimana strategi persediaan *spare part* yang tepat dengan mempertimbangkan *service level* yang tinggi tetapi dengan total biaya persediaan yang rendah ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian tugas akhir ini antara lain :

1. Menentukan klasifikasi *spare part shutdown boiler* menggunakan metode *Music 3D*.
2. Menganalisis model persediaan *spare part* yang tepat untuk memenuhi permintaan (*service level*) dan total biaya persediaan minimal pengerjaan *shutdown boiler* dengan pendekatan probabilistik.
3. Membandingkan rata-rata total biaya dan *service level* persediaan saat ini dengan yang direkomendasikan.

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian menjadi terarah dan pemecahan masalah dapat dilakukan, maka peneliti perlu membatasi penelitian ini pada beberapa hal berikut ini :



1. Metode yang digunakan dalam menentukan sampel material yang diteliti adalah analisis *Music 3D(Multi Unit Spares Inventory Control-Three Dimensional approach)*.
2. Metode yang digunakan dalam perencanaan persediaan dilakukan dengan pendekatan probabilistik
3. Nilai persediaan yang didapatkan akan disimulasikan menggunakan simulasi *Monte Carlo*
4. Penelitian ini menggunakan studi kasus pada pengerjaan shutdown boiler di PT. Badak NGL tahun 2017-2019.
5. Data permintaan material persediaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data tahun 2017-2019.
6. Analisis dilakukan dengan menggunakan software Microsoft Excel.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan diuraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan Penelitian, manfaat Penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini mencakup beberapa teori yang berkaitan dengan permasalahan dalam penelitian, wilayah pembahasan, proses analisa dan literatur terkait bahasan dalam penelitian ini. Selain itu, terdapat penelitian terdahulu sebagai pembanding dengan penelitian penulis.

c. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat uraian tentang objek penelitian, jenis data yang digunakan, metode pengumpulan data dan kerangka alir penelitian.

d. BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi mengenai data yang telah dikumpulkan serta hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Pada bab ini juga dijelaskan mengenai analisis data dan pembahasannya.



e. BAB V ANALISIS HASIL

Pada bab ini akan diberikan analisa terhadap hasil dari pengolahan data pada bab sebelumnya. Analisa yang dilakukan berupa perbandingan *total cost* dan *service level* pengerjaan *shutdown boiler* serta pemilihan rekomendasi perbaikan terkait metode persediaan material *shutdown boiler* untuk meminimalisasi nilai *total inventory cost* sehingga lebih efisien.

f. BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dari hasil analisis terhadap permasalahan dalam perusahaan serta pembahasan rekomendasi dan usulan yang berguna bagi perusahaan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Pendahulu

Penelitian Aditya et al. (2010) dengan judul “Pengendalian Persediaan *Spare Part* dengan Pendekatan *Periodic Review (R,s,S) system*” pada PT. GMF Aero Asia mengembangkan Simulasi *Monte Carlo* untuk memberi gambaran kondisi persediaan suku cadang dengan pendekatan *periodic review (R,s,S) system* secara lebih nyata. Modifikasi stok dilakukan untuk mengantisipasi variabilitas yang tinggi pada *demand* dan *lead time* ketika rumus EOQ tidak mampu mengakomodasi target *service level*. *Spare part* diklasifikasi agar dapat diketahui tingkat kepentingannya, dan dengan analisa hasil simulasi dapat diperoleh informasi strategi pemenuhan persediaan untuk mengatasi masalah ketidaktersediaan *spare part*.

Kharisma et al. (2013) membuat penelitian yang berjudul “Pengklasifikasian dan Peramalan *Spare Part* di Industri Pupuk (Studi Kasus : PT. Petrokimia Gresik)”. Penelitian ini menggunakan metode *Croston* untuk meramalkan permintaan *spare part* dengan mempertimbangkan dua aspek yaitu rata-rata besarnya permintaan non-zero dan rata-rata interval antar permintaan *non-zero*. Selanjutnya peneliti membandingkan metode *Croston* dengan beberapa metode lain yaitu *Syntetos-Boylan approximation (SBA)*, simulasi *Montecarlo* dan MTTF. Sebelum itu dilakukan klasifikasi *spare part* berdasarkan analisis FSN. Dari analisis tersebut diperoleh jenis *spare part* yang akan diramalkan. Hasil dari penelitian ini adalah metode SBA memiliki nilai *error* paling kecil pada lima jenis *spare part* dari sepuluh *spare part* yang diramalkan, dua jenis *spare part* untuk metode *Croston* dan tiga jenis *spare part* untuk simulasi *Montecarlo*.

Penelitian Mahardika et al. (2015) dengan judul “Pengendalian sediaan untuk Mengurangi Biaya Total Persediaan dengan Pendekatan metode *Periodic Review (R,s,S) Power Approximation* pada Suku Cadang



Consumable” Pada Pertamina Talisman Jambi Merang berhasil mengembangkan kebijakan *Periodic Review* (R,s,S) dengan pendekatan *Power Approximation* pada sistem persediaan. Hasilnya persediaan suku cadang *consumable* menghasilkan total biaya persediaan yang lebih rendah dengan menekan volume *backorder*, volume pemesanan dan tingkat persediaan secara seimbang. Dengan parameter persediaan hasil perhitungan *Periodic Review* (R,s,S) *Power Approximation*, biaya total persediaan mampu ditekan sebesar 8,54% lebih rendah dengan peningkatan *service level* sebesar 1,11%.

Penelitian yang dilakukan Sentia et al. (2016) yang berjudul “Pengendalian Persediaan Suku Cadang Mobil Menggunakan Pendekatan Inventori Probabilistik” bertujuan untuk mendapatkan interval waktu antar pemesanan yang tepat (T), jumlah inventori maksimum yang diinginkan (R), ukuran *lot* pemesanan optimum (Q0), jumlah *safety stock* (SS), titik pemesanan kembali (r) dan total biaya persediaan yang minimum (OT) untuk dua buah *spare part* yang memiliki tingkat permintaan paling besar yaitu busi dan oil filter. Model pengendalian persediaan yang digunakan adalah model P dengan karakteristik pengendalian persediaan yaitu pemesanan dilakukan menurut suatu interval waktu yang tetap (T0) dan ukuran *lot* pemesanan yang besarnya merupakan selisih antara inventori maksimum yang diinginkan (R) dengan inventori yang ada pada saat pemesanan dilakukan (r). Hasil dari penelitian tersebut diperoleh bahwa iterasi kedua dari masing-masing suku cadang akan mendapatkan total biaya persediaan minimum.

Okitasari dan Nur (2019) melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Pengendalian Persediaan *Critical Spare Part* pada salah satu unit perusahaan *refinery* di Indonesia”. Tujuan dari penelitian tersebut untuk membantu perusahaan menentukan komponen-komponen kritis untuk menentukan minimum *stock* serta maksimum *stock* untuk masing-masing komponen-komponen kritis. Penelitian tersebut dimulai dengan menentukan komponen-komponen kritis menggunakan metode *MUSIC-3D*,



lalu dilakukan penentuan jenis demand untuk menentukan metode peramalan yang akan dilakukan. Jenis demand yang *lumpy/intermittent* menjadi dasar menggunakan metode peramalan *Croston* dan metode *Syntetos-Boylan Approximation (SBA)*. Kemudian di akhir penelitian dilakukan penentuan *minimum stock*, *maximum stock*, dan *reorder point* dengan menggunakan metode *periodic review*. Hasil akhir menunjukkan bahwa tidak semua komponen kritis perlu untuk dilakukan penyimpanan persediaan dalam jumlah besar, beberapa komponen kritis hanya perlu menyediakan sejumlah satu kali permintaan dengan jumlah dalam satu kali permintaan bergantung dengan data historis masing-masing komponen.

Akyati (2011) membuat skripsi yang berjudul “Pengendalian Persediaan Suku Cadang Pesawat Terbang dengan Pendekatan Model *Periodic Review*” pada PT.GMF Aero Asia. Tujuan dari penelitian tersebut ialah untuk menentukan jumlah persediaan maksimal yang dapat meminimalkan total biaya persediaan. Penelitian tersebut diawali dengan melakukan peramalan menggunakan *software WINQSB* dan dilakukan tingkat persediaan menggunakan metode *Periodic Review System* serta membandingkan total biaya persediaan dengan model kebijakan perusahaan menggunakan simulasi *Monte Carlo*. Hasil dari penelitian tersebut ialah total biaya persediaan antara model *Periodic Review System* dengan model kebijakan perusahaan menghasilkan penghematan total biaya yang cukup signifikan yaitu 37,07%.

Lain halnya pada penelitian Akhyati, pada penelitian Ahmad (2014) dengan judul “Sistem Pengendalian Persediaan *Spare Part* dengan mempertimbangkan *Backorder* Pada Industri Tepung Terigu” menggunakan metode *Continues Review System (Q,r)*. Penelitian diawali dengan melakukan peramalan menggunakan metode *Moving Average*, *Single Exponential Smoothing*, dan *Weighted Moving Average*. Selanjutnya menentukan besarnya tingkat persediaan dengan menentukan besarnya *safety stock (SS)* dan *reorder point*. Hasil dari penelitian tersebut, menunjukkan bahwa perusahaan mampu menghemat biaya pembelian



sebesar 29,60% dan biaya persediaan sebesar 2,41% selama setahun dibandingkan dengan perhitungan yang dilakukan perusahaan.

Berdasarkan beberapa penelitian pendahulu di atas terdapat perbedaan dengan penelitian yang dilakukan dengan penulis yaitu penulis akan melakukan analisis menggunakan metode *MUSIC-3D* untuk mengklasifikasikan *spare part* yang ada, selanjutnya dilakukan metode peramalan menggunakan metode *Croston* dan SBA dan menghitung ukuran *lot* pemesanan menggunakan pendekatan probabilistik dan pada tahap akhir akan dilakukan simulasi menggunakan simulasi *Monte Carlo* untuk mendapatkan tingkat persediaan dengan *service level* yang tinggi dengan total biaya persediaan rendah. Berikut merupakan tabel posisi penelitian terdahulu sampai dengan penelitian saat ini :

Tabel 2.1 Posisi Penelitian

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1	Aditya et al. (2010)	Jurnal: Pengendalian Persediaan <i>Spare Part</i> dengan Pendekatan <i>Periodic Review (R,s,S) system</i> (Studi Kasus : PT. GMF Aero Asia)	Metode <i>Periodic Review System</i> dan Simulasi <i>Monte Carlo</i>	Diperoleh informasi strategi pemenuhan persediaan untuk mengatasi masalah ketidaktersediaan <i>spare part</i> berdasarkan hasil simulasi
2	Kharisma et al. (2013)	Jurnal: Pengklasifikasian dan Peramalan <i>Spare Part</i> di Industri Pupuk (Studi Kasus : PT. Petrokimia Gresik)	Analisa FSN, Metode peramalan <i>Croston, Syntetos-Boylan approximation (SBA)</i> , Simulasi <i>Monte Carlo</i> dan MTTF	Metode SBA memiliki nilai <i>error</i> paling kecil pada lima jenis <i>spare part</i> dari sepuluh <i>spare part</i> yang diramalkan, dua jenis <i>spare part</i> untuk metode <i>Croston</i> dan tiga jenis <i>spare part</i> untuk simulasi <i>Montecarlo</i> .



No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
3	Mahardika et al. (2015)	Jurnal: Pengendalian Persediaan untuk Mengurangi Biaya Total Persediaan dengan Pendekatan Metode <i>Periodic Review (R,s,S) Power Approximation</i> pada Suku Cadang <i>Consumable</i>	Metode <i>Periodic Review (R,s,S) System</i> pendekatan <i>Power Approximation</i>	Total biaya persediaan suku cadang <i>consumable</i> persediaan mampu ditekan sebesar 8,54% lebih rendah dengan peningkatan <i>service level</i> sebesar 1,11%.
4	Sentia et al. (2016)	Jurnal: Pengendalian Persediaan Suku Cadang Mobil Menggunakan Pendekatan Inventori Probabilistik	Metode <i>Periodic Review (R,s,S) system</i>	Diperoleh bahwa iterasi kedua dari masing-masing suku cadangan mendapatkan total biaya persediaan minimum.
5	Okitasari dan Nur (2019)	Jurnal: Analisis Pengendalian Persediaan <i>Critical Spare Part</i> pada salah satu unit perusahaan <i>refinery</i> di Indonesia	Metode Analisa <i>MUSIC-3D</i> , Metode Peramalan <i>Croston</i> dan <i>Syntetos-Boylan approximation (SBA)</i> serta Persediaan dengan metode <i>Periodic Review System</i>	Tidak semua komponen kritis perlu untuk dilakukan penyimpanan persediaan dalam jumlah besar, beberapa komponen kritis hanya perlu menyediakan sejumlah satu kali permintaan dengan jumlah dalam satu kali permintaan bergantung dengan data historis masing-masing komponen
6	Akyati (2011)	Skripsi: Pengendalian Persediaan Suku Cadang Pesawat Terbang dengan Pendekatan Model <i>Periodic Review</i> (Studi Kasus PT. GMF Aero Asia)	Metode Peramalan dengan <i>WINQSB</i> , <i>Periodic Review (R,s,S) System</i> , dan Simulasi <i>Monte Carlo</i>	Total biaya persediaan antara model <i>Periodic Review System</i> dengan model kebijakan perusahaan menghasilkan penghematan total biaya yang cukup signifikan yaitu 37,07%.



No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
7	Ahmad (2014)	Skripsi : Sistem Pengendalian Persediaan <i>Spare Part</i> dengan mempertimbangkan <i>Backorder</i> Pada Industri Tepung Terigu	Metode Peramalan <i>Moving Average</i> , <i>Single Exponential Smoothing</i> , dan <i>Weighted Moving Average</i> Serta model persediaan metode <i>Continues Review (Q,r) System</i>	Perusahaan mampu menghemat biaya pembelian sebesar 29,60% dan biaya persediaan sebesar 2,41% selama setahun dibandingkan dengan perhitungan yang dilakukan perusahaan.

2.2. Persediaan

2.2.1. Definisi Persediaan

Persediaan (*inventory*) adalah sumber daya menganggur (*idle resources*) yang menunggu proses lebih lanjut. Yang dimaksud dengan proses lebih lanjut tersebut adalah berupa kegiatan produksi pada sistem manufaktur, kegiatan pemasaran pada sistem distribusi ataupun kegiatan konsumsi pangan pada sistem rumah tangga (Kusmindari, Achmad, & Septa, 2019).

Persediaan adalah suatu istilah umum yang menunjukkan segala sesuatu atau sumber daya organisasi yang disimpan dalam antisipasinya terhadap pemenuhan permintaan (Handoko, 2011). Pendapat lain mengatakan persediaan merupakan barang-barang yang disimpan perusahaan baik berupa bahan baku, bahan setengah jadi, dan barang jadi yang digunakan untuk keperluan yang akan datang, guna kelancaran proses produksi perusahaan (Trisnawati, Novareza, & Eunike, 2016).

2.2.2. Penyebab dan Fungsi Persediaan

Persediaan merupakan suatu hal yang tak terhindarkan. Penyebab timbulnya persediaan adalah sebagai berikut (Baroto, 2002).

Mekanisme pemenuhan atas permintaan. Permintaan terhadap suatu barang tidak dapat dipenuhi seketika bila barang tersebut tidak tersedia sebelumnya. Untuk menyiapkan barang ini diperlukan waktu untuk



pembuatan dan pengiriman, maka adanya persediaan merupakan hal yang sulit dihindarkan

- b. Keinginan untuk meredam ketidakpastian. Ketidakpastian terjadi akibat; permintaan yang bervariasi dan tidak pasti dalam jumlah maupun waktu kedatangan, waktu pembuatan yang cenderung tidak konstan antara satu produk dengan produk berikutnya, waktu tenggang (*lead time*) yang cenderung tidak pasti karena faktor yang tak dapat dikendalikan. Ketidakpastian ini dapat diredam dengan ketidakpastian.
- c. Keinginan untuk melakukan spekulasi yang bertujuan untuk mendapatkan keuntungan besar dari kenaikan harga di masa mendatang.

Efisiensi produksi (salah satu muaranya adalah penurunan biaya produksi) dapat ditingkatkan melalui pengendalian sistem persediaan. Efisiensi dapat dicapai bila fungsi persediaan dapat dioptimalkan. Beberapa fungsi persediaan adalah sebagai berikut (Baroto, 2002).

- a. Fungsi independensi. Persediaan bahan diadakan agar departemen-departemen dan proses individual terjaga kebebasannya. Persediaan barang jadi diperlukan untuk memenuhi permintaan pelanggan yang tidak pasti. Permintaan pasar dapat diduga dengan tepat, demikian pula dengan pasokan dari pemasok. Seringkali keduanya meleset dari perkiraan. Agar proses produksi dapat berjalan tanpa tergantung pada kedua hal ini (independen), maka persediaan harus mencukupi.
- b. Fungsi ekonomis. Seringkali dalam proses tertentu, memproduksi dengan jumlah produksi tertentu (*lot*) akan lebih ekonomis daripada memproduksi secara berulang atau sesuai permintaan. Pada beberapa kasus, membeli dengan jumlah tertentu juga akan lebih ekonomis ketimbang membeli suatu kebutuhan. Jadi, memiliki persediaan (dalam beberapa kasus) bisa merupakan tindakan yang ekonomis.
- c. Fungsi antisipasi. Fungsi ini diperlukan untuk mengantisipasi perubahan permintaan atau pasokan.

Fungsi fleksibilitas. Bila dalam proses produksi terdiri atas beberapa tahapan proses operasi kemudian terjadi kerusakan pada satu tahapan



proses operasi, maka akan diperlukan waktu untuk melakukan perbaikan. Sediaan barang setengah jadi (*work in process*) pada situasi ini akan merupakan faktor penolong untuk kelancaran proses operasi.

2.2.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Persediaan

Besar-kecilnya persediaan bahan baku dan bahan penolong dipengaruhi oleh:

- a. Volume atau jumlah yang dibutuhkan untuk menjaga kelangsungan (kontinuitas) proses produksi. Semakin banyak jumlah bahan baku yang dibutuhkan, maka akan semakin besar tingkat persediaan bahan baku. Volume produksi yang direncanakan, hal ini ditentukan oleh kebutuhan di masa lalu dan ramalan kebutuhan yang akan datang. Semakin tinggi volume produksi yang direncanakan maka membutuhkan persediaan yang lebih banyak sehingga berakibat pada tingginya *inventory level*.
- b. Kontinuitas atau keberlangsungan aktivitas produksi yang terus-menerus, sehingga membutuhkan tingkat persediaan yang tinggi agar mampu memenuhi kebutuhan sewaktu-waktu.
- c. *Durability* atau tingkat ketahanan bahan baku/bahan penolong yang beragam. Barang yang memiliki sifat *durability* rendah tidak dapat disimpan dalam waktu yang lama, sehingga tidak perlu disimpan dalam jumlah yang banyak. Sedangkan untuk bahan baku yang memiliki sifat tahan lama, maka perusahaan dapat melakukan pembelian dalam jumlah yang besar sekaligus dan disimpan di dalam gudang.

Sehingga besar-kecilnya persediaan yang ada pada perusahaan sangat bergantung dari beberapa faktor antara lain; ramalan kebutuhan berdasarkan data historis, jadwal proses produksi, dan sifat dari bahan baku yang akan disimpan menjadi persediaan (Ristono A. , 2009).

2.2.4. Pola Permintaan Inventory

Pada dasarnya terdapat dua macam pola permintaan *inventory*, yaitu sebagai berikut (Gaspersz, 2012) :



a. *Independent demand* adalah permintaan untuk suatu item yang berkaitan dengan permintaan untuk item lain. Barang-barang inventory yang termasuk ke dalam atau mengikuti pola independent demand adalah retail, *wholesale finished goods, service and replacement parts, maintenance, repair, and operating (MRO) supplies*.

Inventory yang mengikuti pola *independent demand* sering juga diklasifikasikan sebagai *distribution inventories*, yang memiliki karakteristik berikut:

1. Permintaan adalah eksternal, berdasarkan pada kebutuhan pasar.
2. Permintaan bersifat acak (random) dan relatif kontinu
3. Permintaan harus diramalkan menggunakan teknik-teknik peramalan
4. Stok pengaman digunakan untuk mencapai target tingkat pelayanan (*service level*) tertentu

b. *Dependent demand* adalah permintaan item yang secara langsung berkaitan dengan atau diturunkan dari struktur *bill of material (BOM)* untuk item lain atau produk akhir. Item-item *inventory* yang mengikuti pola *dependent demand* harus dihitung, sehingga tidak perlu diramalkan. Suatu item *inventory* tertentu mungkin mengikuti pola *dependent demand* atau *independent demand* pada waktu tertentu, sebagai misal suatu part yang mungkin secara simultan menjadi komponen dari suatu assembly dan juga dijual sebagai *service part*. Barang-barang *inventory* yang mengikuti pola *dependent demand* adalah *assemblies, subassemblies, fabricated components, purchased components, raw materials*. Inventory yang mengikuti pola *dependent demand* sering juga diklasifikasikan sebagai *manufacturing inventories*, yang memiliki karakteristik berikut:

1. Permintaan adalah internal berdasarkan pada jadwal produksi
2. Permintaan cenderung tidak mulus dan diskrit (*lumpy and discontinuous*)
3. Permintaan tidak perlu diramalkan tetapi dapat dihitung dan dikendalikan menggunakan MRP



4. Sedikit atau tanpa stok pengaman diperlukan untuk menjamin tingkat pelayanan 100%.

2.3. *MUSIC-3D*

Dalam bukunya, Gopalakrishnan dan Banerji (2004) menjelaskan bahwa *MUSIC-3D* adalah kepanjangan dari *Multi Unit Spares Inventory Control-Three Dimensional approach*. *MUSIC-3D* dalam analisisnya menggunakan tiga dimensi pendekatan yaitu *consumption value*, *availability* dan *critically*. Ketiga dimensi tersebut diwakili oleh tiga pendekatan yaitu system ABC, VED dan SDE. Pada dasarnya, *MUSIC-3D* adalah bentuk penyederhanaan dari ketiga kategori tersebut. Dalam penggabungannya, *MUSIC-3D* hanya mengambil dua kategori dari tiga sistem diatas. Sebaliknya jika menggunakan tiga kategori dari masing–masing sistem ABC (kategori A,B,C), sistem VED (*Vital,Essential,dessirable*) dan SDE (*Scarce, Difficult to get, Easy to Obtain*) akan ada 27 kategori dan itu terlalu kompleks jika dibandingkan delapan kategori yang disederhanakan dalam *MUSIC-3D*. Beberapa keuntungan menggunakan *MUSIC-3D* adalah dalam hal perencanaan, peramalan, sistem informasi manajemen, kebijakan pembelian, penentuan *service level*, antisipasi keusangan, audit perusahaan dan mengendalikan persediaan suku cadang.

MUSIC-3D mencoba untuk mengintegrasikan ketiga sistem diatas. Dalam analisisnya, *MUSIC-3D* membagi suku cadang menjadi dua bagian yaitu *High Consumption value (HCV)* dan *Low Consumption Value (LCV)* yang didapatkan dari sistem ABC. Sedangkan dari system VED akan didapatkan dua jenis klasifikasi suku cadang yaitu *critically* dan *non critically*. *Lead time* untuk tiap-tiap suku cadang juga di klasifikasikan menjadi dua yaitu suku cadang yang tergolong *Long Lead Time (LLT)* dan *Short Lead Time (SLT)* yang didapat dari analisis SDE. Dengan menggabungkan ketiga sistem diatas, klasifikasi suku cadang akan terbagi menjadi delapan kategori seperti pada Gambar 2.1 (Astanti, 2014).



	High Consumption Value (HCV)		Low Consumption Value (LCV)	
	LLT	SLT	LLT	SLT
Critical	1	2	3	4
Non Critical	5	6	7	8
	Number 20% (small) Sales Value 80% large		Number 80% (large) Sales Value 20% low	

Gambar 2.1 Matriks Analisis MUSIC-3D

Dari Gambar 2.1 dapat diketahui bahwa, suku cadang yang terletak pada kategori 3,4,7 dan 8 mempunyai jumlah item yang banyak tapi frekuensi penggunaannya rendah, sebaliknya suku cadang yang ada pada kategori 1,2,5,dan 6 mempunyai jumlah item yang sedikit namun tinggi frekuensi penggunaannya (Astanti, 2014).

2.4. Model Kebijakan Persediaan

Menurut Chopra & Meindl (*dalam Putra et al., 2018, hal.3*), Kebijakan pengisian kembali persediaan (*replenishment*) terdiri dari keputusan kapan pemesanan akan dilakukan kembali, dan berapa banyak jumlah yang dipesan. Terdapat dua model kebijakan dalam pengendalian persediaan yang didasari atas laju permintaan, yakni model deterministik dan model probabilistik.

2.4.1. Model Deterministik

Model deterministik adalah sistem persediaan yang parameter dan seluruh variabel telah diketahui secara pasti (Tersine, 1994). Model yang dikembangkan dalam sistem ini sering dinamakan *lot sizing model*, karena keputusan sistem persediaan akan didasarkan pada kuantitas item (*lot size*). Sistem persediaan deterministik akan memudahkan perusahaan dalam melakukan analisa kebijakan persediaan. Model *lot size* yang paling sederhana, yaitu *Economic Order Quantity* (EOQ).

2.4.2. Model Probabilistik

Model ini adalah sebuah model pengendalian persediaan yang memiliki parameter persediaan bersifat variatif (Tersine, 1994). Dalam mengatasi parameter variatif, model ini memerlukan sebuah stok gaman/*safety stock*. *Safety stock* ditetapkan untuk mengantisipasi adanya



kekurangan bahan baku atau *shortage*. Apabila terjadi kekurangan bahan baku maka akan berdampak pada menurunnya *service level* dan terhambatnya proses produksi (Octaviana, Baihaqi, & Bramanti, 2018). Sistem persediaan probabilistik terbagi menjadi 2 jenis sistem kontrol persediaan, yaitu *continuous review* dan *periodic review*.

2.5. Sistem Kontrol Persediaan

Sistem kontrol persediaan dikenal dengan istilah kebijakan *replenishment* yang terdiri dari 2 kebijakan, yaitu :

2.5.1. *Periodic Review System*

Dalam sistem persediaan *periodic review* dilakukan monitoring dan pantauan terhadap tingkat interval pada *inventory* pada interval waktu (T) yang sama. Biaya dari peninjauan lebih murah karena dilakukan secara periodik. Namun, jika terjadi kekurangan stok saat tidak terjadi peninjauan maka tidak dapat dilakukan tindakan apapun sehingga akan terjadi *shortage*. Oleh karena itu, untuk menghindari adanya *stockout* harus disediakan stok pengaman dalam jumlah besar. Namun, *safety stock* dalam jumlah besar akan berpengaruh terhadap biaya penyimpanan yang dikeluarkan. Berikut ini merupakan jenis kebijakan perencanaan persediaan dari *periodic review system* (Santoso, 2017).

a. *Periodic-Review, Order-Up-to-Level (R,S) System*

Sistem ini diketahui juga sebagai *replenishment cycle system* yang umum digunakan terutama di perusahaan yang tidak menggunakan pengendalian komputer. Sistem ini sering digunakan ketika item dipesan dari pemasok yang sama atau memerlukan pembagian sumber daya. Prosedur pengendalian dilakukan setiap R unit waktu. Pada saat melakukan *review*, pemesanan dilakukan agar posisi persediaan naik hingga mencapai level S. Sistem ini dapat memberikan penghematan terhadap biaya pengiriman karena koordinasi pengisian yang dilakukan. Sistem ini juga memberikan kesempatan untuk mengatur *order-up-to level S* yang diinginkan jika pola permintaan berubah seiring dengan



waktu. Namun, kelemahan dari sistem ini yaitu biaya penyimpanan yang lebih besar dibandingkan dengan sistem *continuous review*.

b. *(R,s,S) System*

Sistem ini merupakan kombinasi dari sistem (s,S) dan (R,S). Pokok utama dari sistem ini yaitu pemeriksaan posisi persediaan dilakukan setiap R unit waktu. Jika posisi stok tepat berada atau di bawah *reorder point* maka dilakukan pemesanan agar posisi persediaan naik hingga level S. Namun, jika posisi stok di atas *reorder point* maka tidak dilakukan pemesanan hingga *review* selanjutnya. Berdasarkan asumsi mengenai pola permintaan dan biaya yang berhubungan maka sistem (R,s,S) yang terbaik akan menghasilkan jumlah *replenishment*, *carrying cost*, dan *shortage cost* yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem lainnya. Namun, sistem ini memerlukan perhitungan yang lebih dalam dan sering untuk memperoleh nilai terbaik dari ketiga parameter. Berikut merupakan rumus perhitungan perencanaan persediaan (R,s,S) system (Smith, 1989).

$$T = \sqrt{\frac{2A}{DH}} \quad (\text{Pers. 2.1})$$

$$\sigma_{T+L} = (\sqrt{T+L})\sigma_D \quad (\text{Pers. 2.2})$$

$$SS = \sigma_{T+L} \times Z \quad (\text{Pers. 2.3})$$

$$ROP = D_{T+L} + SS \quad (\text{Pers. 2.4})$$

$$S = ROP + EOQ \quad (\text{Pers. 2.5})$$

Dimana :

- T = *Review Interval*
- A = *Ordering Cost*
- D = *Demand*



- H = *Holding Cost*
 L = *lead time*
 SS = *Safety Stock*
 σD = Standar deviasi permintaan selama satu periode
 σ_{T+L} = Standar Deviasi permintaan selama (L+T)
 Z = Nilai dari *service level*
 ROP = *reorder point*
 D_{T+L} = rata-rata permintaan selama (T+L)
 D = rata-rata permintaan selama satu periode
 SS = *Safety Stock*
 S = *Maximum stock*

2.5.2. *Continuous Review System*

Menurut Silver et al. (dalam Octaviana, Baihaqi, & Bramanti, 2018, hal.2), *Continuous review* merupakan metode pengendalian persediaan jumlah atau kondisi persediaan dipantau secara terus-menerus. Pada metode ini terdapat dua jenis sistem kontrol, yaitu (s,Q) dan (s,S).

Sistem kontrol (s,Q) adalah sistem kontrol yang waktu pemesanan dilakukan saat jumlah persediaan berada pada titik s atau pada titik *reorder point*. Ukuran pemesanan yang dilakukan pada sistem ini bersifat tetap, yaitu sejumlah Q. Sistem kontrol (s,S) adalah sistem kontrol yang waktu pemesanannya pada saat persediaan berada pada titik s atau titik *reorder point*. Besarnya ukuran pemesanan ditentukan dalam jumlah mencapai titik maksimal yaitu S, sehingga jumlah pemesanan pada sistem ini dapat berubah-ubah (Octaviana, Baihaqi, & Bramanti, 2018)

Langkah penyelesaian dilakukan dengan menentukan nilai q_0 dan r , yang diperoleh dengan langkah berikut (Bahagia, 2006) :



a. Hitung nilai q_{01} awal sama dengan nilai q_0 dengan persamaan berikut:

$$q_{01} = \sqrt{\frac{2AD}{h}} \quad (\text{Pers. 2.6})$$

b. Berdasarkan Nilai q_{01} , selanjutnya menghitung kemungkinan kekurangan *inventory* (z_{01}) dengan persamaan

$$1 - F(z_{01}) = \frac{H \times q_{01}}{S \times D} \quad (\text{Pers. 2.7})$$

Untuk mendapatkan nilai z_{01} digunakan *software microsoft excel* dengan rumus “*NORMSINV*”

c. Menentukan nilai $f(z)$ berdasarkan hasil z_{01} . Untuk menentukan nilai $f(z)$ digunakan *software microsoft excel* dengan rumus :

$$f(z_{01}) = \text{NORMDIST}(z_{01}; 0; 1; 0)$$

d. Menghitung nilai standar deviasi selama *lead time* (σ_{DL}) menggunakan persamaan

$$\sigma_{DL} = \sigma_D \times \sqrt{L} \quad (\text{Pers. 2.8})$$

e. Menggunakan z_{01} dan $f(z_{01})$ untuk mendapatkan q_{02} dengan persamaan

$$q_{02} = \sqrt{\frac{2D(A + (S \times \sigma_{DL} \{f(z_{01}) - z_{01} [1 - F(z_{01})]\})}{H}} \quad (\text{Pers. 2.9})$$

f. Berdasarkan Nilai q_{02} , selanjutnya menghitung Kembali kemungkinan kekurangan *inventory* (z_{02})

g. Bandingkan nilai z_{01} dan z_{02} ; jika nilai z_{02} relatif sama dengan z_{01} iterasi selesai dan akan diperoleh $z = z_{02}$ dan $q_{opt} = q_{02}$. Jika tidak, kembali ke langkah e dengan menggantikan nilai $z_{01} = z_{02}$ dan $q_{01} = q_{02}$.

Menghitung besar nilai *safety stock* dan *reorder point* menggunakan persamaan

$$SS = z \times \sigma_{DL} \quad (\text{Pers. 2.10})$$



$$ROP = (D \times L) + (z \times \sigma_{DL}) \quad (\text{Pers. 2.11})$$

2.6. Biaya Persediaan

Menurut (Ristono A. , 2009), biaya persediaan dapat dibedakan atas :

a. Ongkos pembelian (*purchase cost*)

Ongkos pembelian adalah harga per unit apabila item dibeli dari pihak luar, atau biaya produksi per unit apabila diproduksi dalam perusahaan atau dapat dikatakan pula bahwa biaya pembelian adalah semua biaya yang digunakan untuk membeli suku cadang. Penetapan dari biaya pembelian ini tergantung dari pihak penjualan barang atau bahan sehingga pihak pembeli hanya bisa mengikuti fluktuasi harga barang yang ditetapkan oleh pihak penjual.

b. Ongkos pemesanan atau Biaya persiapan (*order cost/set up cost*)

Ordering cost adalah biaya yang dikeluarkan sehubungan dengan pemesanan barang ke supplier. Besar kecilnya biaya pemesanan sangat tergantung pada frekuensi pesanan, semakin sering memesan barang maka biaya yang dikeluarkan akan semakin besar dan sebaliknya. Biaya pemesanan secara terperinci meliputi :

1. Biaya persiapan pesanan, antara lain :

- a) Biaya telepon atau ongkos menghubungi supplier
- b) Pengeluaran surat menyurat

2. Biaya penerimaan barang, seperti :

- a) Biaya pembongkaran dan pemasukan ke gudang
- b) Biaya laporan penerimaan barang
- c) Biaya pemeriksaan barang atau biaya pengecekan

3. Biaya pengiriman pesanan ke gudang

4. Biaya-biaya proses pembayaran, seperti biaya pembuatan cek, pengiriman cek atau biaya transfer ke bank supplier, dan sebagainya.



c. Ongkos Simpan (*carrying cost/holding cost/storage cost*)

Ongkos simpan adalah biaya yang dikeluarkan atas investasi dalam persediaan dan pemeliharaan maupun investasi sarana fisik untuk menyimpan persediaan, atau dapat pula dikatakan biaya yang timbul akibat penyimpanan barang maupun bahan (diantaranya: fasilitas penyimpanan, sewa gudang, keusangan, asuransi, pajak dan lain-lain).

Yang termasuk dalam biaya simpan antara lain:

1. Biaya sewa atau penggunaan gudang.
2. Biaya pemeliharaan barang.
3. Biaya pemanasan atau pendinginan, bila untuk menjaga ketahanan barang dibutuhkan faktor pemanas atau pendingin.
4. Biaya menghitung dan menimbang barang

d. Biaya kekurangan persediaan (*stockout cost*)

Dengan kekurangan persediaan maka biaya yang timbul adalah sebagai berikut:

1. Kehilangan pendapatan.
2. Selisih harga komponen.
3. Terganggunya operasi.

2.7. Simulasi *Monte Carlo*

2.7.1. Definisi Simulasi *Monte Carlo*

Menurut Tersine (1994) simulasi Montecarlo adalah simulasi probabilistik yang digunakan untuk memperoleh pendekatan solusi dari suatu masalah dengan melakukan *sampling* dari proses yang di-generate secara *random*. Sejumlah angka *random* digunakan untuk menjelaskan pergerakan setiap variabel *random* selama kurun waktu tertentu dan memungkinkan adanya tambahan tetapi memiliki urutan hubungan suatu event yang terjadi. Pembangunan model simulasi Monte Carlo didasarkan

na probabilitas yang diperoleh data historis sebuah kejadian dan kuensinya, dimana:



$$P_i = f_i / n$$

(Pers. 2.12)

Keterangan:

P_i : Probabilitas kejadian i

F_i : Frekuensi kejadian i

n : jumlah frekuensi semua kejadian

Pada penelitian ini simulasi Montecarlo digunakan untuk meramalkan permintaan *spare part* dengan acuan data historis permintaan. Seperti yang telah diketahui pola permintaan *spare part* tidak mengikutu pola permintaan pada umumnya seperti *trend*, *cycle*, ataupun *seasonal* karena permintaan *spare part* dipengaruhi kondisi mesin ataupun faktor eksternal yang tidak dapat diprediksi waktu dan jumlahnya.

2.7.2. Langkah-langkah dalam Simulasi Monte Carlo

Menurut Tersine (1994), tahapan-tahapan dalam melakukan simulasi Monte Carlo terbagi dalam 5 tahapan sebagai berikut :

1. Membuat distribusi kemungkinan untuk variabel penting

Gagasan dasar dari simulasi monte carlo adalah membuat nilai dari tiap variabel yang merupakan bagian dari model yang dipelajari. Banyak variabel di dunia nyata yang secara alami mempunyai berbagai kemungkinan yang mungkin ingin kita simulasikan. Salah satu cara umum untuk membuat distribusi kemungkinan untuk suatu variabel adalah memperhitungkan hasil di masa lalu. Kemungkinan atau frekuensi *relative* untuk tiap kemungkinan hasil dari tiap variabel ditentukan dengan membagi frekuensi observasi dengan jumlah total observasi. Contoh: Waktu proses dari suatu stasiun kerja tertentu.

2. Membangun distribusi kemungkinan kumulatif untuk tiap-tiap variabel di tahap pertama.

Konversi dari distribusi kemungkinan biasa, kumulatif dilakukan dengan menjumlahkan tiap angka kemungkinan dengan jumlah sebelumnya. Probabilitas kumulatif ini berguna untuk membantu menempatkan nilai *random*.



3. Menentukan interval angka random untuk tiap variabel

Setelah kita menentukan probabilitas kumulatif untuk tiap variabel yang termasuk dalam simulasi, kita harus menentukan batas angka yang mewakili tiap kemungkinan hasil. hal tersebut ditujukan pada interval angka random. Penentuan interval didasari oleh kemungkinan kumulatif

4. Membuat angka *random*

Untuk membuat angka random kita bisa menggunakan software *Microsoft Excel* dengan menggunakan perintah `=rand()`, lanjutkan sampai batas yang diinginkan.

5. Membuat simulasi dari rangkaian percobaan.

2.7.3. Replikasi dalam Simulasi Monte Carlo

Untuk mengetahui apakah jumlah replikasi yang dilakukan sudah cukup untuk membuat keputusan, maka dapat dilakukan beberapa langkah sebagai berikut (*Jannah, 2019*) :

1. Lakukan percobaan dengan jumlah awal replikasi (n) tertentu
2. Jelaskan model simulasi dan dapatkan output yang menjadi fokus observasi. Dapatkan nilai *halfwidth* (hw) atau *error* dengan rumus berikut:

$$hw = e = t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-1\right)} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{Pers. 2.13})$$

Keterangan:

$t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-1\right)}$: nilai dari tabel t distribusi dengan nilai derajat kebebasan (n - 1), $\alpha = 5\%$

s : standar deviasi sampel simulasi

n : jumlah replikasi

3. Lakukan evaluasi terhadap nilai hw, apabila sudah cukup maka gunakan n pada percobaan pertama. Namun jika diinginkan nilai hw yang lebih kecil maka dilakukan perhitungan n' dengan menggunakan hw baru sebagai input perhitungan:

