

**OPTIMASI PERSEDIAAN BERBASIS SIMULASI MONTE CARLO
SERTA ANALISIS KINERJA GUDANG BATU BARA
MENGUNAKAN *FRAZELLE MODEL*
(STUDI KASUS: PT SINAR TAMBANG ARTHALESTARI)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Disusun Oleh :

Nama : Adinda Khairunisa

No. Mahasiswa : 16522046

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika di kemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 01 Juli 2020

Adinda Khairunisa
16 522 046

LEMBAR PENELITIAN**PT. SINAR TAMBANG ARTHALESTARI**

Nomor : 014 /ME/HRD-STAR/I/2020
Lampiran : -
Perihal : **Surat Keterangan Selesai Penelitian**

Yang Bertanda Tangan dibawah ini :

Nama : Waluyo
Jabatan : Depthead HRGA PT Sinar Tambang Arthalestari (Semen Bima)

Dengan ini menerangkan bahwa yang disebut dibawah ini :

Nama : Adinda Khairunisa
NIM : 16522046
Prodi : Teknik Industri
Universitas : Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Adalah benar telah melakukan penelitian dengan judul **Optimasi Persediaan dan Analisis Kinerja Gudang** di PT Sinar Tambang Arthalestari mulai 4 Desember 2019 sampai dengan 4 Januari 2020.
Dan yang bersangkutan telah melaksanakan tugasnya dengan baik dan penuh tanggung jawab.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Ajibarang, 20 Januari 2020

PT. Sinar Tambang Arthalestari

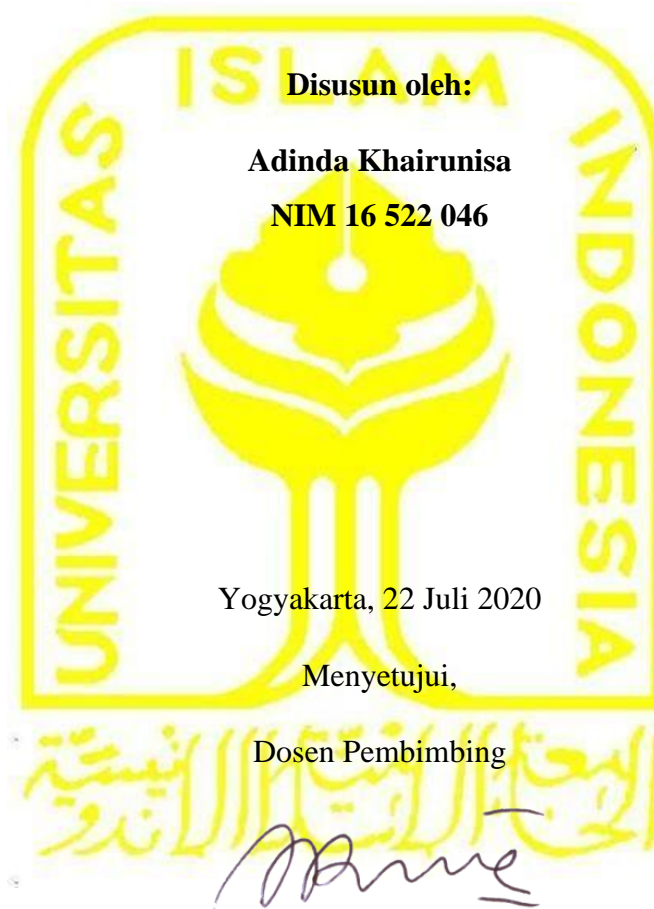

PT. SINAR TAMBANG ARTHALESTARI

Waluyo
HRGA Dept. Head

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**OPTIMASI PERSEDIAAN BERBASIS SIMULASI MONTE CARLO
SERTA ANALISIS KINERJA GUDANG BATU BARA
MENGUNAKAN *FRAZELLE MODEL*
(STUDI KASUS: PT SINAR TAMBANG ARTHALESTARI)**

TUGAS AKHIR



Dr. Ir. Elisa Kusrini, M.T., CPIM., CSCP.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**OPTIMASI PERSEDIAAN BERBASIS SIMULASI MONTE CARLO
SERTA ANALISIS KINERJA GUDANG BATU BARA
MENGUNAKAN *FRAZELLE MODEL*
(STUDI KASUS: PT SINAR TAMBANG ARTHALESTARI)****TUGAS AKHIR**

Disusun Oleh:

Nama : Adinda Khairunisa

NIM : 16522046

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri

Yogyakarta, 22 Juli 2020

Tim Penguji

Dr. Ir. Elisa Kusriani, M.T., CPIM., CSCP

Ketua

Ir. Ali Parkhan, M.T.

Anggota 1

Andrie Pasca Hendradewa, S.T., M.T.

Anggota 2

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Universitas Islam Indonesia

Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya sebagai hadiah dan bentuk ungkapan rasa terimakasih karena telah memberikan dukungan moril dan materil serta kasih sayang yang tiada akhir sehingga saya dapat menjalani seluruh tahapan pendidikan saya pada program S1 Teknik Industri Universitas Islam Indonesia dan dapat menyelesaikan tugas akhir ini hingga berada di posisi sekarang.

Dan juga teruntuk seluruh teman, sahabat dan ibu/bapak dosen yang memberikan bantuan dalam bentuk apapun selama saya menjalani pendidikan se seluruh tahapan pendidikan saya pada program S1 Teknik Industri Universitas Islam Indonesia serta keluarga PT Sinar Tambang Arthalestari yang sudah memberikan kesempatan bagi saya untuk mendapatkan pengalaman kerja sekaligus dijadikan objek penelitian dalam penelitian ini sehingga saya dapat mengimplementasikan ilmu yang sudah saya pelajari selama masa perkuliahan.

HALAMAN MOTTO

“Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga”

(H.R. Muslim, No. 2699)

“Siapa yang mengamalkan suatu ilmu yang telah ia ilmui, maka Allah akan mewarisinya ilmu yang tidak ia ketahui”

“Dan (ingatlah juga), tatkala Tuhammu memaklumkan; "Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti Kami akan menambah (nikmat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih”

(Q.S Ibrahim: 7)

“Hai orang-orang yang beriman, bertaqwalah kepada Allah dan hendaklah setiap diri memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok, dan bertaqwalah kepada Allah, sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan”

(Q.S. Al-Hasyr: 18)

***Rabbana Atina Fiddunya Hasanah Wa Fil Akhiroti
Hasanah Waqina ‘Adzabannar***

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Optimasi Persediaan dengan Pendekatan Simulasi Monte Carlo serta Analisis Kinerja Gudang Batu Bara dengan *Frazelle Model* dan” sesuai dengan waktu yang diharapkan. Shalawat dan salam semoga tercurah pada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'Alaihi wa Sallam beserta para keluarga, sahabat dan pengikutnya, yang telah menyampaikan syafaat-Nya kepada kita semua.

Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak- pihak yang telah meluangkan waktu dan perhatiannya, sehingga baik langsung maupun tidak langsung turut membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih ini penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
2. Bapak Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M. Sc., Ph. D., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Industri Universitas Islam Indonesia
4. Ibu Dr. Ir. Elisa Kusri, M.T., CPIM., CSCP. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, doa, motivasi, dan saran serta waktunya dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini
5. Bapak Ir. Ali Parkhan. M.T., selaku Dosen Pendamping dalam perlombaan sepanjang penulis berkuliah yang selalu membimbing, memberikan motivasi, serta ilmu yang berlimpah kepada penulis.
6. Keluarga tercinta, yakni kedua orang tua papah Ir. Aru Bagio dan mamah Sukarti yang senantiasa selalu memberikan doa, motivasi, dukungan dan kasih sayangnya selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

7. Keluarga besar Laboratorium Pemodelan dan Simulasi Industri (DELSIM) yang takkan terlupakan oleh Penulis dan membantu Penulis dalam proses pengembangan diri di bidang akademik maupun dalam berorganisasi selama menjalani pendidikan program S1 Teknik Industri di Universitas Islam Indonesia
8. Zakka Ugih Rizqi yang selalu dengan sabar membantu, memberikan semangat serta menemani penulis dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini, 831 224.
9. Universitas Islam Indonesia yang telah banyak membantu penulis dalam memenuhi kebutuhan finansial saat berkuliah di Teknik Industri, baik itu dalam bentuk beasiswa maupun kebutuhan-kebutuhan selama Penulis mengikuti perlombaan dan *conference*
10. Departemen *Supply* PT Sinar Tambang Arthalestari yang telah membantu dan membimbing penulis dalam pengambilan data di lapangan.
11. Teman-teman dan sahabat Teknik Industri Universitas Islam Indonesia serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini dan membantu Penulis dalam menyelesaikan Pendidikan S1 Program Teknik Industri Universitas Islam Indonesia

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis memohon maaf. Harapan terakhir, semoga Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Amiin Yaa Robbal ‘Aalamin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 01 Juli 2020

Adinda Khairunisa

16 522 046

ABSTRAK

Proses produksi merupakan hal penting karena dapat berpengaruh langsung terhadap tercapai atau tidaknya tujuan perusahaan. Pada proses produksi seringkali ditemui permasalahan yang bersumber dari faktor internal, salah satunya dalam persediaan bahan baku. Permasalahan yang seringkali terjadi dalam persediaan bahan baku adalah kondisi overstock atau stockout. PT Sinar Tambang Arthalestari sebagai salah satu pelaku industri di Indonesia berupaya untuk terus meningkatkan kehandalan kegiatan operasionalnya berkaitan dengan persediaan dan kinerja gudang. Pada penelitian ini dilakukan simulasi terhadap perencanaan optimasi persediaan menggunakan Monte Carlo untuk melihat proyeksi persediaan selama 7 (tujuh) periode ke depan dimulai Januari – Juli 2020. Selain itu dilakukan pengukuran kinerja gudang dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk pembobotan, Key Performance Indicators (KPI) dengan mengacu Frazelle Model, dan normalisasi dengan Standard Normalization (S-Norm). PT Sinar Tambang Arthalestari memiliki 25 KPI meliputi 5 KPI Receiving, 5 KPI Put Away, 5 KPI Storage, 5 KPI Order Picking, dan 5 KPI Shipping. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil simulasi model skenario 1 dengan menerapkan Min Max yaitu pemesanan sebesar 34.685 ton pada saat nilai ROP 19.690 ton maka terjadi penurunan overstock sebesar 29,83% atau setara 7.094 ton/hari dibandingkan dengan model awal sistem nyata yang menerapkan pemesanan sebesar 45.000 ton pada saat nilai ROP 17.000 ton. Penerapan skenario 1 dapat menghemat biaya penyimpanan sebesar 28,12%. Nilai total akhir kinerja gudang batu bara diperoleh sebesar 79,337 yang artinya masuk ke dalam kategori Good dengan nilai kinerja tertinggi adalah proses Storage sebesar 84,488, Order Picking sebesar 80,261, Put Away sebesar 78,328, Shipping sebesar 78,142 dan nilai terendah adalah proses Receiving sebesar 70,742.

Kata Kunci: *persediaan, warehouse, Key Performance Indicators, Simulasi Monte Carlo, Min Max, Economic Order Quantity, Analytical Hierarchy Process, Frazelle Model.*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	xiii
1.1 Latar Belakang	5
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	8
2.1 Kajian Deduktif.....	8
2.1.1 Persediaan.....	8
2.1.2 Gudang	9
2.1.3 Metode Min Max	10
2.1.4 Metode <i>Economic Order Quantity</i>	10
2.1.5 Simulasi Monte Carlo.....	11
2.1.6 <i>Key Performance Indicators</i> (KPI)	12
2.1.7 <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).....	14
2.1.8 <i>Standard Normalization</i> (S-Norm).....	17
2.2 Kajian Induktif	18
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Objek, Subjek, dan Lokasi Penelitian	26
3.2 Identifikasi Masalah.....	26
3.3 Jenis Data	26
3.4 Metode Pengumpulan Data	27
3.5 Metode Pengolahan Data	28
3.6 Alur Penelitian	34
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	35
4.1 Persediaan	35
4.1.1 Perhitungan Metode Min Max.....	35
4.1.2 Perhitungan Metode <i>Economic Order Quantity</i> (EOQ).....	37
4.1.3 Simulasi Monte Carlo.....	39
4.1.4 Hasil Simulasi Monte Carlo untuk Model Awal	42
4.1.5 Hasil Simulasi Monte Carlo untuk Model Skenario 1.....	50
4.1.6 Hasil Simulasi Monte Carlo untuk Model Skenario 2.....	59

4.1.7 Perbandingan Hasil Simulasi Model Awal dan Model Skenario	68
4.1.8 Pemilihan Skenario Terbaik	69
4.2 Pengukuran Kinerja Gudang	70
4.2.1 Identifikasi <i>Key Performance Indicator</i> (KPI) Kinerja Gudang Batu Bara	71
4.2.2 Pembobotan KPI.....	71
4.2.3 Penyusunan Hierarki Bobot KPI Gudang.....	87
4.2.4 Pengukuran Kinerja <i>Warehouse</i>	89
4.2.5 Normalisasi Bobot Indikator KPI <i>Warehouse</i> dengan S-Norm	95
4.2.6 Pengukuran Nilai Akhir Kinerja <i>Warehouse</i> Batu Bara PT Sinar Tambang Arthalestari	99
BAB V PEMBAHASAN.....	102
5.1 Hasil Simulasi Monte Carlo	102
5.2 Analisis Pemilihan Skenario	103
5.3 Analisis Kinerja <i>Warehouse</i> Batu Bata.....	104
BAB VI PENUTUP	107
6.1 Kesimpulan	107
6.2 Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA	109
LAMPIRAN.....	112

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Key Performance Indicator Warehouse</i> menurut <i>Frazelle</i>	13
Tabel 2.2 Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan.....	15
Tabel 2.3 Nilai Rasio Indeks.....	17
Tabel 2.4 Sistem Monitoring dan Indikator Performansi	18
Tabel 2.5 Kajian Induktif.....	19
Tabel 2.6 <i>State of the Art</i>	25
Tabel 3.1 Kuesioner Perbandingan Kriteria	28
Tabel 3.2 <i>Key Performance Indicators</i> Gudang	32
Tabel 4.1 Data Kebutuhan <i>User</i> Terhadap Batu Bara	35
Tabel 4.2 Data <i>Lead Time</i> , ROP, dan Kapasitas Pemesanan Batu Bara.....	36
Tabel 4.3 Distribusi Probabilitas, Probabilitas Kumulatif dan Interval Bilangan Random untuk Permintaan Batu Bara	39
Tabel 4.4 Distribusi Probabilitas, Probabilitas Kumulatif dan Interval Bilangan Random untuk <i>Lead Time</i> Batu bara.....	41
Tabel 4.5 Data <i>Input Modelling</i>	44
Tabel 4.6 Hasil Simulasi Monte Carlo untuk Model Awal	42
Tabel 4.7 Hasil Simulasi Monte Carlo untuk Model Skenario 1	51
Tabel 4.8 Hasil Simulasi Monte Carlo untuk Model Skenario 2.....	59
Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Replikasi.....	68
Tabel 4.10 Biaya Penyimpanan	68
Tabel 4.11 Model Awal vs Skenario 1	69
Tabel 4.12 Model Awal vs Skenario 2	69
Tabel 4.13 Skenario 1 vs Skenario 2	70
Tabel 4.14 Matriks Perbandingan Berpasangan antar Kepentingan pada Kriteria pada Proses <i>Warehouse</i>	72
Tabel 4.15 Hasil Normalisasi Antar Proses dan Jumlah Bobot Prioritas	72
Tabel 4.16 Total Penjumlahan Baris Tiap Proses.....	73
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Lamda untuk Proses	73
Tabel 4.18 Bobot setiap Kepentingan Proses dan Nilai CR	74
Tabel 4.19 Hasil Matriks Perbandingan Berpasangan antar KPI <i>Receiving</i>	74
Tabel 4.20 Hasil Normalisasi Antar Indikator KPI <i>Receiving</i> dan Jumlah Bobot Prioritas	75
Tabel 4.21 Total Penjumlahan Baris Tiap KPI <i>Receiving</i>	75
Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Lamda KPI <i>Receiving</i>	76
Tabel 4.23 Bobot setiap Kepentingan Indikator KPI <i>Receiving</i> dan Nilai CR.....	76
Tabel 4.24 Matriks Perbandingan Berpasangan antar KPI Put Away	77
Tabel 4.25 Hasil Normalisasi Antar Indikator KPI Put Away dan Jumlah Bobot Prioritas	77
Tabel 4.26 Total Penjumlahan Baris Tiap KPI <i>Put Away</i>	78
Tabel 4.27 Hasil Perhitungan Lamda KPI <i>Put Away</i>	78

Tabel 4.28 Bobot setiap Kepentingan Indikator <i>Put Away</i> dan Nilai CR.....	79
Tabel 4.29 Hasil Matriks Perbandingan Berpasangan antar KPI <i>Storage</i>	79
Tabel 4.30 Hasil Normalisasi Antar Indikator KPI <i>Storage</i> dan Jumlah Bobot Prioritas	79
Tabel 4.31 Total Penjumlahan Baris Tiap KPI <i>Storage</i>	80
Tabel 4.32 Hasil Perhitungan Lamda KPI <i>Storage</i>	80
Tabel 4.33 Bobot setiap Kepentingan Indikator KPI <i>Storage</i> dan Nilai CR	81
Tabel 4.34 Hasil Matriks Perbandingan Berpasangan antar KPI <i>Order Picking</i>	81
Tabel 4.35 Hasil Normalisasi Antar Indikator KPI <i>Order Picking</i> dan Jumlah Bobot Prioritas	82
Tabel 4.36 Total Penjumlahan Baris Tiap KPI <i>Order Picking</i>	82
Tabel 4.37 Hasil Perhitungan Lamda KPI <i>Order Picking</i>	82
Tabel 4.38 Bobot setiap Kepentingan Indikator KPI <i>Order Picking</i> dan Nilai CR.....	83
Tabel 4.39 Matriks Perbandingan Berpasangan antar KPI <i>Shipping</i>	84
Tabel 4.40 Normalisasi Antar Indikator KPI <i>Shipping</i> dan Jumlah Bobot Prioritas	84
Tabel 4.41 Total Penjumlahan Tiap Baris KPI <i>Shipping</i>	84
Tabel 4.42 Hasil Perhitungan Lamda KPI <i>Shipping</i>	85
Tabel 4.43 Bobot setiap Kepentingan Indikator KPI <i>Shipping</i> dan Nilai CR	86
Tabel 4.44 Bobot dari Setiap Indikator KPI	88
Tabel 4.45 Data KPI <i>Warehouse</i> Batu Bara PT Sinar Tambang Arthalestari	93
Tabel 4.46 Hasil Normalisasi Bobot Indikator KPI dengan S-Norm	95
Tabel 4.47 Perhitungan Nilai Akhir Kinerja <i>Warehouse</i>	99
Tabel 4.48 Nilai Akhir Kinerja <i>Warehouse</i> Batu Bara PT Sinar Tambang Arthalestari....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perbandingan Rencana Penggunaan dengan Jumlah Tersedia di Gudang.....	3
Gambar 2.1 Struktur Hierarki AHP	14
Gambar 3.1 Alur Penelitian	34
Gambar 4.1 Grafik Perputaran Inventori	36
Gambar 4.2 Identifikasi KPI Gudang Batu Bara	71
Gambar 4.3 Hierarki Bobot KPI untuk <i>Warehouse</i> Batu Bara PT Sinar Tambang Arthalestari.....	87
Gambar 4.4 <i>Spider Web</i> Nilai Kinerja <i>Warehouse</i> Batu Bara PT Sinar Tambang Arthalestari.....	101

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri yang kian meningkat dengan pesat setiap tahunnya menuntut setiap perusahaan untuk terus mengembangkan perusahaan ke arah yang lebih baik agar dapat bersaing dengan perusahaan kompetitor. Agar perusahaan mampu bertahan di tengah perkembangan industri, maka perusahaan perlu melakukan manajemen yang baik terhadap seluruh faktor-faktor yang ada di dalam perusahaan, termasuk dalam proses produksi. Proses produksi merupakan segala kegiatan untuk menciptakan atau menambah guna atas suatu benda yang ditunjukkan untuk memuaskan orang lain (Gitosudarmo, 2002). Proses produksi merupakan hal penting karena dapat berpengaruh langsung terhadap tercapai atau tidaknya tujuan perusahaan.

Pada proses produksi seringkali ditemui permasalahan yang bersumber dari faktor internal maupun eksternal itu sendiri, salah satunya adalah permasalahan dalam persediaan bahan baku. Bahan baku adalah hal penting bagi berlangsungnya suatu proses produksi karena tanpa adanya bahan baku maka proses produksi tidak dapat berjalan dengan semestinya. Menurut Gunawan (2013), proses produksi akan berjalan dengan teratur jika perencanaan persediaan bahan baku sudah terjadwal, yakni dari persediaan maksimum, nilai titik pemesanan, dan nilai *safety stock* bahan baku. Perencanaan persediaan bahan baku harus diperhatikan agar perusahaan tidak mengalami kerugian serta proses produksi di perusahaan dapat berjalan dengan lancar.

Permasalahan yang seringkali terjadi dalam persediaan bahan baku adalah kondisi *overstock* atau *stockout*. *Overstock* terjadi karena permintaan rendah tetapi *supply* berlebih,

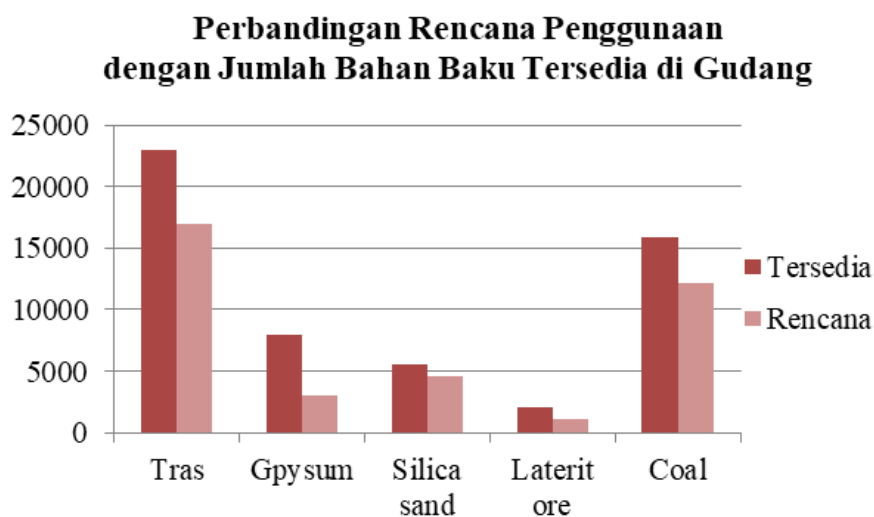
sedangkan *stockout* terjadi karena permintaan tinggi tetapi *supply* terbatas (Satibi, et al., 2019). Upaya untuk menghindari permasalahan tersebut adalah dengan melakukan pengelolaan persediaan. Dengan melakukan pengelolaan persediaan bahan baku, perusahaan dapat menyeimbangkan jumlah persediaan yang tidak terlalu banyak dan juga tidak terlalu sedikit sehingga diharapkan dapat mengurangi biaya pemborosan yang ditimbulkan.

Pengelolaan terhadap manajemen pergudangan juga tak kalah pentingnya dalam perusahaan. Manajemen pergudangan merupakan suatu ilmu yang mengatur penyimpanan dan pengeluaran barang pada gudang. Pelaksanaan manajemen ini merupakan proses dalam pengaturan dan pengawasan barang yang masuk di gudang dan barang yang keluar dari gudang (Kusuma, et al., 2017). Dalam perusahaan, gudang merupakan tempat bagi perusahaan untuk menyimpan material yang memiliki nilai atau aset perusahaan yang berpengaruh pada kegiatan operasional perusahaan. Perlu dilakukan pengelolaan yang baik terhadap gudang, mengingat perannya yang penting sebagai tempat penyimpanan aset perusahaan. Pengelolaan gudang dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran kinerja gudang berdasarkan proses yang dilakukan di gudang tersebut, dimulai dari *Receiving*, *Put Away*, *Storage*, *Order Picking* hingga *Shipping*.

PT Sinar Tambang Arthalestari merupakan perusahaan Non-BUMN yang berfokus pada produksi semen. Pabrik produksi semen berada di Ajibarang, Banyumas, Jawa Tengah dengan luas 43 hektar. Kegiatan operasional perusahaan ini adalah produksi *semen Portland Pozzolan Cement* (PPC) dan *Ordinary Portland Cement* (OPC). Permintaan semen yang tinggi di pasar dimanfaatkan oleh perusahaan untuk mendapatkan margin yang besar sehingga perusahaan masih terus memproduksi dan berusaha mendapatkan *customer satisfaction*. PT Sinar Tambang Arthalestari memiliki 5 (lima) gudang yakni gudang *spare part* untuk menyimpan *spare part*, gudang *revactory* untuk menyimpan kebutuhan *refill gas sparepart*, gudang bahan baku, gudang kantong semen, dan gudang produk jadi atau biasa disebut dengan silo semen.

Perencanaan persediaan bahan baku di PT Sinar Tambang Arthalestari belum dilakukan secara teratur dikarenakan perusahaan belum menetapkan nilai *safety stock* bahan

baku. Selain itu, perusahaan seringkali melakukan pembelian bahan baku dengan kuantitas besar untuk mengurangi risiko *stock out* karena tidak adanya jumlah *safety stock* bahan baku akibatnya seringkali terjadi *overstock* yang berlebih.



Gambar 1.1 Perbandingan Rencana Penggunaan
dengan Jumlah Tersedia di Gudang

Pada penelitian ini dilakukan optimasi persediaan batu bara pada PT Sinar Tambang Arthalestari dengan pengukuran kapasitas gudang, *safety stock*, penentuan jumlah EOQ serta ROP menggunakan metode Min Max dan metode EOQ. Selanjutnya dilakukan simulasi Monte Carlo berdasarkan perhitungan hasil metode Min Max dan metode EOQ. Tujuan melakukan simulasi Monte Carlo adalah untuk melihat penerapan hasil perhitungan metode Min Max dan EOQ pada persediaan batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari ke dalam beberapa periode waktu ke depan untuk melihat prediksi kondisi *stockout* atau *overstock* yang kemudian dianalisis apakah hasil penerapan kedua metode tersebut memberikan keuntungan atau kerugian bagi perusahaan.

Dari hasil penerapan simulasi Monte Carlo, peneliti melakukan pengukuran kinerja gudang untuk melihat kegiatan dalam gudang mana yang dapat ditingkatkan agar proses produksi berjalan lebih efektif. Pengukuran kinerja gudang batu bara di PT Sinar Tambang Arthalestari dilakukan dengan menggunakan *Key Performance Indicators* (KPI) di mana

menurut Frazelle (2002) terdapat 5 (lima) indikator yang digunakan yakni *financial*, *productivity*, *utilize*, *quality* dan *cycle time*. KPI digunakan untuk mengevaluasi kinerja organisasi dalam tujuan mencapai target organisasi (Qurtubi, et al., 2018)

Pembobotan kriteria KPI dilakukan menggunakan *Analytical Hierarchi Process* (AHP), kemudian dilakukan normalisasi data untuk menyamakan parameter yang digunakan di setiap bobot indikator menggunakan *Standard Normalisation* (Trienekens & Hvolby, 2000). Selanjutnya dilakukan analisis dari hasil perhitungan kinerja gudang tersebut untuk kemudian diberikan rekomendasi perbaikan untuk manajemen pergudangan batu bara di PT Sinar Tambang Arthalestari.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana perbedaan nilai persediaan dari hasil simulasi Monte Carlo antara model awal dengan model skenario setelah penerapan hasil perhitungan metode Min Max dan metode EOQ?
2. Berapakah total nilai kinerja setiap proses pada gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari menggunakan *Frazelle Model*?
3. Rekomendasi apa yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari berdasarkan hasil dari pengolahan data menggunakan AHP, KPI, dan S-Norm?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dibuat untuk menjawab permasalahan masalah yang ada yaitu:

1. Mengetahui hasil simulasi Monte Carlo dan perbedaan hasil perbandingan antara dari sistem nyata dengan sistem model skenario hasil perhitungan dengan metode Min Max dan metode EOQ.

2. Mengetahui nilai dari kinerja gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari menggunakan KPI yang mengacu pada *Frazelle Model* yakni proses *receiving, put away, storage, order picking* dan *shipping* dengan menggunakan 5 (lima) indikator yakni *financial, productivity, utilize, quality*, dan *cycle time*.
3. Memberikan rekomendasi atau usulan perbaikan kepada PT Sinar Tambang Arthalestari dalam pengelolaan gudang berdasarkan hasil perhitungan kinerja gudang menggunakan AHP, KPI, dan S-Norm

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan rekomendasi kepada PT Sinar Tambang Arthalestari mengenai penerapan rencana persediaan menggunakan hasil simulasi Monte Carlo terhadap beberapa periode ke depan serta usulan perbaikan pengelolaan gudang batu bara berdasarkan hasil perhitungan kinerja gudang menggunakan *Frazelle Model*.
2. Memberikan khazanah ilmu pengetahuan mengenai pengelolaan persediaan dan pergudangan khususnya yang diterapkan di manajemen logistik dan dapat dijadikan acuan bagi penelitian berikutnya.
3. Memberikan wawasan yang luas mengenai manajemen logistik.

1.5 Batasan Penelitian

Demi menghasilkan penelitian yang terarah fokus kajiannya, tidak melebar ruang lingkup yang dibahas dan agar mudah dipahami, serta keterbatasan yang dimiliki peneliti akan ketersediaan data dan waktu maka perlu adanya batasan penelitian. Adapun batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada Departemen *Supply* PT Sinar Tambang Arthalestari dari 04 Desember 2019 hingga 04 Januari 2020.
2. Produk yang diteliti adalah batu bara.
3. *Time horizon* dalam simulasi Monte Carlo skenario adalah Januari-Juli 2021 dengan

asumsi 6 (enam) hari kerja dalam 1 (satu) minggu.

4. Kapasitas gudang diasumsikan tidak terbatas.
5. Pengukuran optimasi persediaan menggunakan metode Min Max dan EOQ.
6. Pengukuran kinerja gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari mengacu kepada proses gudang yakni *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking*, dan *shipping* dengan menggunakan indikator KPI gudang yaitu *financial*, *productivity*, *utilize*, *quality*, dan *cycle time*.
7. Pengukuran kinerja gudang menggunakan *Key Performance Indicator* (KPI), pembobotan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), dan normalisasi data dengan *Standard Normalization* (S-Norm).
8. Data Upah Minimum Kota (UMK) yang digunakan adalah UMK tahun 2020.
9. Biaya yang digunakan dalam perhitungan metode EOQ merupakan asumsi yang diperoleh dari berbagai referensi.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada penelitian tugas akhir analisis kinerja gudang batu bara dan optimasi persediaan pada PT Sinar Tambang Arthalestari adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang penelitian terkait kinerja gudang batu bara dan pengelolaan persediaan batu bara, pepersamaan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan laporan penelitian yang dibuat.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Bab ini berisi tinjauan pustaka berisi kajian deduktif dan kajian induktif. Dalam kajian deduktif berisikan teori-teori yang mendukung analisis kinerja gudang menggunakan *Key Performance Indicator* (KPI), pembobotan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), dan normalisasi data dengan *Standard Normalization* (S-Norm). dan optimasi persediaan dengan

menggunakan simulasi Monte Carlo. Dalam bab ini juga diuraikan kajian induktif berupa penelitian-penelitian terdahulu mengenai analisis kinerja gudang dan persediaan yang diperoleh dari jurnal dan prosiding internasional terbaru hingga ditarik menjadi *state of the art*

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan uraian mengenai objek dan subjek penelitian, lokasi penelitian, metode pengumpulan data, metode pengolahan data, serta *flowchart* penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab IV bersikan berbagai data yang akan digunakan dalam penelitian, proses pengolahan data secara mendetail dimulai dari melakukan simulasi dalam persediaan batu bara dengan Monte Carlo hingga perhitungan kinerja gudang menggunakan *Key Performance Indicator* (KPI), pembobotan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), serta normalisasi data dengan *Standard Normalization* (S-Norm).

BAB V PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisikan analisis dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan untuk kemudian diuraikan rekomendasi berupa tindakan-tindakan yang dapat dilakukan dalam pengelolaan persediaan dan kinerja gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari.

BAB VI PENUTUP

Pada bab ini berisikan kesimpulan yang menjawab permasalahan masalah serta saran dari pengelolaan persediaan dan peningkatan kinerja gudang batu bara untuk berikan kepada perusahaan dan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka memuat mengenai sumber-sumber yang digunakan dalam penelitian ini, baik itu jurnal, prosiding, buku, ataupun kutipan dari internet.

LAMPIRAN

Lampiran memuat uraian-uraian untuk memperjelas dan mendukung penelitian seperti data *expert*.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

Pada bab ini terbagi menjadi 2 (dua) kajian yang bersumber dari hasil kajian literatur yaitu kajian deduktif dan kajian induktif. Kajian deduktif merupakan kajian yang diperoleh dari buku, laporan, jurnal dan prosiding yang berkaitan dengan teori dasar (bersifat umum). Sedangkan kajian induktif bersumber dari jurnal dan prosiding yang berisi hasil dari penelitian terdahulu.

2.1 Kajian Deduktif

2.1.1 Persediaan

Persediaan atau *inventory* merupakan segala sesuatu yang disimpan dalam bentuk barang ataupun sumber daya yang digunakan mengantisipasi setiap pemenuhan dari permintaan (Handoko, 1994). Di dalam persediaan diperlukan adanya pengendalian persediaan, yakni pencatatan persediaan yang diverifikasi secara berkala dan berkelanjutan dalam sebuah audit (Sulaiman & Nanda, 2015). Terdapat beberapa tujuan dalam pengendalian persediaan, menurut Ishak (2010) terdapat enam tujuan dalam pengendalian persediaan dalam industri manufaktur adalah sebagai berikut:

1. Pemasaran menginginkan pelayanan konsumen dengan durasi waktu yang seminimal mungkin
2. Produksi beroperasi secara efisien, yakni mengimplikasikan order produksi yang tinggi akan menghasilkan nilai persediaan yang berbanding lurus.
3. Pembelian (*purchasing*) dalam rangka efisiensi, yakni menginginkan persamaan produksi yang besar dalam jumlah sedikit pada pesanan yang kecil didalam kuantitas pemesanan yang rutin.

4. Keuangan (*finance*) ingin mendapatkan biaya investasi yang kecil/minimal dan efek negatif dalam pengembalian aset seminimal mungkin.
5. Personalia (*personel and Industrial Reaitionship*) menginginkan adanya persediaan untuk mengantisipasi fluktuasi kebutuhan tenaga kerja dan PHK tidak dilakukan.
6. Rekayasa (*Enginerring*) menginginkan persediaan minimal dalam mengantisipasi terjadinya rekayasa *engineering*.

Adapun biaya –biaya yang digunakan berkaitan dalam persediaan bahan baku yaitu:

- a. Biaya penyimpanan (*holding cost* atau *carrying cost*)

Biaya penyimpanan per periode akan semakin besar bila jumlah atau kuantitas bahan yang disimpan semakin tinggi. Contohnya adalah biaya pemeliharaan bahan baku.

- b. Biaya pemesanan (*ordering cost*)

Biaya persediaan akan semakin besar apabila frekuensi pemesanan semakin tinggi atau sering dilakukan. Contohnya adalah biaya administrasi.

2.1.2 Gudang (*Warehouse*)

Gudang atau *warehouse* merupakan komponen penting dari rantai pasokan yang melibatkan kegiatan *sourcing*, produksi, dan distribusi barang, dari penanganan bahan baku, *spare part equipment* dan barang dalam proses hingga produk jadi. Menurut Meyers & Stephens (2000), gudang merupakan tempat penyimpanan barang, baik bahan baku yang akan digunakan dalam proses manufaktur, maupun barang jadi yang siap dikirimkan. Sedangkan kegiatan pergudangan (*warehousing*) tidak hanya kegiatan penyimpanan barang saja melainkan proses penanganan barang mulai dari penerimaan barang, pencatatan, penyimpanan, pemilihan, penyortiran, sampai dengan proses pengiriman barang.

Gudang dapat digambarkan sebagai bagian dari suatu sistem logistik sebuah perusahaan yang berfungsi untuk menyimpan produk dan menyediakan informasi mengenai status serta kondisi material/persediaan yang disimpan di gudang, sehingga informasi tersebut selalu *up-to-date* dan mudah diakses oleh siapa pun yang berkepentingan. Kegiatan pembaharuan informasi biasanya dilakukan oleh pekerja gudang dalam beberapa periode

tertentu sesuai kebijakaan perusahaan. Kegiatan pembaharuan informasi serta pengecekan dan penyortiran barang di gudang biasa dikenal dengan *stock opname*. Adapun fungsi utama gudang adalah sebagai tempat penyimpanan bahan mentah (*raw material*), barang setengah jadi (*intermediate goods*), maupun tempat penyimpanan produk yang telah jadi (Warman, 2004).

2.1.3 Metode Min Max

Metode Min Max adalah metode yang digunakan dalam merencanakan persediaan bahan baku dengan menetapkan kebijakan persediaan *safety stock* yang harus selalu ada, serta adanya nilai persediaan maksimum dan minimum dari suatu perusahaan (Kinanthi, et. al., 2016). Tahapan dalam menggunakan metode Min Max adalah sebagai berikut:

1. Penentuan persediaan pangaman (*safety stock*). Safety stock adalah persediaan ekstra yang ditambah untuk menjaga sewaktu-waktu membutuhkan tambahan dikarenakan permintaan meningkat atau terjadinya keterlambatan kedatangan bahan baku. Persediaan *safety stock* sama dengan *minimum inventory*.
2. Penentuan persediaan ROP (*Re-Order Point*). Re-Order Point adalah suatu titik dimana pemesanan kembali harus mengadakan barang, sehingga kedatangan atau penerimaan bahan baku yang tepat pada waktunya.
3. Penentuan persediaan maksimum (*Maximum Inventory*) yaitu jumlah kuantitas maksimum yang diperbolehkan untuk disimpan dalam persediaan.

2.1.4 Metode *Economic Order Quantity* (EOQ)

Economic Order Quantity (EOQ) merupakan suatu metode untuk melakukan pengadaan persediaan pada suatu perusahaan yang menentukan berapa jumlah pesanan yang ekonomis untuk setiap kali pemesanan dengan frekuensi yang telah ditentukan serta kapan dilakukan pemesanan kembali (Apriyani dan Mushin, 2017). Adapun menurut Hanafi (2004), metode EOQ adalah metode menghitung persediaan optimal dengan cara memasukkan biaya pemesanan dan penyimpanan. Perencanaan model EOQ dalam sebuah perusahaan dapat

membantu perusahaan meminimalisasi tingkat persediaan, biaya, dan tingkat terjadinya *out of stock*. Selain itu dengan menggunakan model EOQ, perusahaan dapat mengurangi biaya penyimpanan, penghematan ruang, serta dapat menyelesaikan masalah-masalah yang timbul dari adanya penumpukan persediaan bahan baku (Juventia dan Hartanti, 2016). Metode ini bertujuan untuk meminimalkan biaya-biaya persediaan sehingga efisiensi persediaan berjalan dengan baik dan dapat tercapai jumlah unit pemesanan yang optimal dengan menekan biaya seminimal mungkin

2.1.5 Simulasi Monte Carlo

Suatu sistem terdefiniskan sebagai dari beberapa entitas yang bisa terdiri dari manusia mesin atau objek lainnya yang memiliki interaksi, sehingga dapat menghasilkan satu tujuan yang sama (Kelton, et al., 2007). Kegiatan menirukan suatu sistem disebut dengan simulasi, simulasi adalah suatu metode yang menitik beratkan pada peniruan suatu sistem yang menjadi objek kajiannya. Menurut Asmugi (2007), penyesuaian dalam menirukan suatu sistem merupakan langkah dalam menyelesaikan masalah yang terjadi pada sistem yang diteliti, dikarenakan ketidak- memadai menirukan sistem secara keseluruhan, maka akan ada batasan-batasan dan anggapan dalam persoalan tersebut.

Penggunaan metode simulasi erat akan perangkat komputer dalam penyelesaian masalah yang terjadi. Prinsip dasar dalam simulasi komputer adalah membangun model matematik yang sesuai sistem nyatanya selanjutnya diubah menjadi model program komputer yang mampu menirukan perilaku sistem nyata. Dari pemrograman tersebut akan dirancang skenario percobaan yang akan digunakan sebagai solusi dalam menyelesaikan masalah yang terjadi pada sistem nyatanya (Asmugi, 2007). Menurut Hutahaean (2018) terdapat beberapa tahapan dalam pembuatan model simulasi Monte Carlo terdapat beberapa langkah yakni sebagai berikut :

1. Membuat distribusi kemungkinan untuk setiap variabel yang memiliki unsur probabilistik.
2. Melakukan input modelling dengan menentukan distribusi probabilitas kumulatif untuk variabel-variabel tersebut.
3. Menentukan interval angka bilangan random.

4. Membuat simulasi dari rangkaian percobaan (eksperimen).
5. Melakukan replikasi hasil simulasi.

2.1.6 Key Performance Indicators (KPI)

Parmenter (2007) mendefinisikan *Key Performance Indicators* (KPI) sebagai sekumpulan pengukuran yang diciptakan terfokus kepada aspek kinerja organisasi yang paling kritis untuk kesuksesan organisasi pada kondisi sekarang dan di masa datang. Menurut Banerjee & Buoti (2012), KPI merupakan ukuran berskala dan kuantitatif yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja organisasi dalam tujuan mencapai target organisasi. KPI juga digunakan untuk menentukan objektif yang terukur, melihat tren, dan mendukung pengambilan keputusan.

Menurut Iveta (2012), *Key Performance Indicator* adalah ukuran yang bersifat kuantitatif dan bertahap bagi perusahaan serta memiliki berbagai perspektif dan berbasiskan data konkret, dan menjadi titik awal penentuan tujuan dan penyusunan strategi organisasi. Maka berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa *Key Performance Indicator* merupakan pengukuran kuantitatif dalam evaluasi kinerja organisasi yang memiliki berbagai perspektif dan menjadi acuan pencapaian target organisasi.

KPI juga biasa digunakan untuk mengukur kondisi dan kinerja suatu gudang. Dengan memonitor KPI, seorang manajer bisa mengetahui kondisi serta kinerja gudang yang dipimpinya dan dapat mengambil langkah – langkah strategis untuk melakukan perbaikan dalam meningkatkan produktivitas. Selain untuk mengetahui kinerjanya, KPI juga berguna untuk membandingkan nilai yang diharapkan (*expected value*) dengan nilai aktual yang dicapai, untuk meningkatkan target kinerja dari periode ke periode, untuk menghindari ketidaknyamanan pelanggan, dan untuk menjaga kualitas yang sudah ada (Chandra, 2014).

Dalam menghitung *Key Performance Indicator Warehouse* metode yang dipakai yaitu menurut *Frazelle* ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 *Key Performance Indicator Warehouse menurut Frazelle*

	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>
Receiving	<i>Receiving cost per line</i>	<i>Receipts per man-hour</i>	<i>% Dock door utilization</i>	<i>% Receipts processed accurately</i>	<i>Receipt processing time per receipt</i>
Put Away	<i>Put away cost per line</i>	<i>Put aways per man-hour</i>	<i>% Utilization of put away labor and equipment</i>	<i>% Perfect put aways</i>	<i>Put aways cycle time (per put away)</i>
Storage	<i>Storage space cost per item</i>	<i>Inventory per square foot</i>	<i>% Locations and cupe occupied</i>	<i>% Locations without inventory discrepancies</i>	<i>Inventory days on hand</i>
Order Picking	<i>Picking cost per order line</i>	<i>Order lines picked per man-hour</i>	<i>% Utilization of picking labor and equipment</i>	<i>% Perfect picking lines</i>	<i>Order picking cycle time (per order)</i>
Shipping	<i>Shipping cost per customer order</i>	<i>Order prepared for shipment per man-hour</i>	<i>% Utilixstion of shipping docks</i>	<i>% Perfect shipment</i>	<i>Warehouse order cycle time</i>

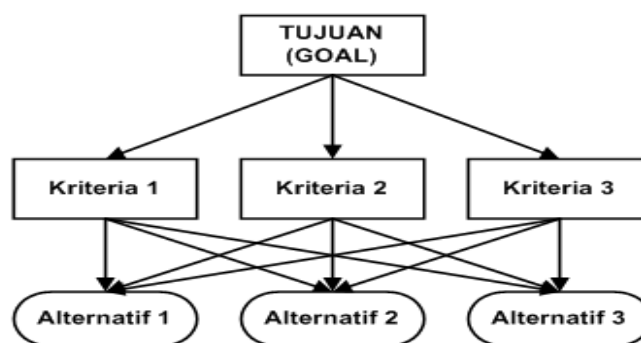
2.1.7 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Menurut Satriani, et al. (2018) AHP adalah model

pendukung keputusan yang menguraikan masalah multifaktor atau multikriteria yang kompleks menjadi bentuk hierarki. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, hierarki sendiri diartikan sebagai urutan tingkatan atau jenjang kedudukan. Dalam AHP, hierarki merupakan representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multifactor, di mana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya hingga level terakhir dari alternatif.

Metode AHP adalah suatu metode yang berasal dari MCDM (*Multi Criteria Decision Making*) yang dikembangkan oleh Saaty pada tahun 1970. *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah suatu teori pengambilan keputusan multikriteria dengan beberapa faktor yang dikelola dalam struktur hierarki (Saaty, 1990). Hierarki dalam AHP dimaksudkan pada urutan secara menurun tingkatan level mulai dari tujuan suatu kriteria yang bersangkutan, subkriteria, dan alternatif-alternatif pada urutan level-level selanjutnya. Adapun Langkah-langkah penyelesaian masalah menggunakan metode AHP adalah sebagai berikut:

1. Memecahkan permasalahan dan menentukan solusi yang diinginkan, kemudian disusun ke dalam bentuk hierarki. Ada dua jenis hierarki, yaitu lengkap (*complete*) dan tidak lengkap (*incomplete*). Suatu hierarki disebut lengkap (*complete*) bila semua elemen pada suatu tingkat memiliki semua elemen pada tingkat berikutnya, jika tidak demikian, dinamakan hierarki tidak lengkap (*incomplete*).



Gambar 2.1 Struktur Hierarki AHP

2. Menentukan prioritas elemen dengan menyusun matriks perbandingan berpasangan. Matriks tersebut diisi dengan bilangan yang merepresentasikan kepentingan antar elemen matriks dengan skala penilaian perbandingan berpasangan menurut Skala Saaty ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

<i>Most Important</i>	<i>Neutral</i>								<i>Most Important</i>	
Element A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Element B

3. Melakukan normalisasi matriks perbandingan berpasangan. Tujuan dari normalisasi matriks adalah untuk menyamakan nilai bilangan yang diisikan dalam matriks. Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan normalisasi matriks:
- Penjumlahan nilai dari setiap kolom pada matriks perbandingan berpasangan dengan menggunakan persamaan:

$$n = \sum_{i=0}^z x_{ij} \quad (2.1)$$

Keterangan:

n = hasil penjumlahan tiap kolom

z = banyaknya alternatif

$i = 1, 2, 3 \dots z$

x = nilai tiap *cell*

- Membagi setiap nilai kolom dengan total penjumlahan kolom yang bersangkutan untuk menghasilkan nilai hasil normalisasi, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$m = \frac{x_{ij}}{n} \quad (2.2)$$

Keterangan:

m = hasil normalisasi

x = nilai tiap *cell*

n = hasil penjumlahan tiap kolom

4. Menghitung bobot prioritas

Bobot prioritas dihitung dengan menjumlahkan nilai-nilai dari baris dan membagi hasil penjumlahan dengan banyaknya jumlah kriteria/element dengan menggunakan persamaan berikut:

$$bp = \frac{\sum_{j=0}^n x_{ij}}{n} \quad (2.3)$$

Keterangan:

bp = bobot prioritas

n = banyaknya kriteria

j = 1,2,3...z

x = nilai tiap *cell*

5. Menghitung nilai eigen maksimum

Langkah-langkah dalam menghitung nilai Eigen maksimum adalah sebagai berikut:

- a. Kalikan nilai setiap *cell* pertama dengan nilai bobot prioritas pertama, nilai setiap *cell* kedua dengan bobot prioritas kedua, dan seterusnya.
- b. Lakukan penjumlahan untuk setiap baris pada matriks.
- c. Hasil penjumlahan tersebut kemudian dibagi dengan bobot prioritas tiap baris yang bersangkutan, sehingga diperoleh nilai Lamda (λ).
- d. Jumlahkan hasil lamda tiap kriteria lalu dibagi dengan banyaknya elemen yang ada untuk memperoleh Eigen Maks (λ_{maks}). Perhitungan λ_{maks} menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\lambda_{maks} = \frac{\sum \lambda}{n} \quad (2.4)$$

Keterangan:

λ_{maks} = eigen maks

n = banyaknya kriteria

6. Lakukan perhitungan Indeks Konsistensi atau *Consistency Index* (CI) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \quad (2.5)$$

Keterangan:

CI = indeks konsistensi

λ_{maks} = eigen maks

n = banyaknya kriteria

7. Menghitung Rasio Konsistensi atau *Consistency Ratio* (CR) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.6)$$

Keterangan:

CR = rasio konsistensi

CI = indeks konsistensi

RI = rasio indeks

Di mana nilai rasio indeks ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai Rasio Indeks

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

8. Memeriksa konsistensi hierarki. Dalam pembuatan keputusan, penting untuk mengetahui seberapa baik konsistensi hierarki agar keputusan yang dibuat tidak berdasarkan pertimbangan dengan konsistensi yang rendah. Jika nilai $CR > 0,1$ artinya penilaian data *judgement* tidak konsisten dan harus diperbaiki. Jika nilai $CR \leq 0,1$ maka penilaian data *judgement* telah konsisten dan benar.

2.1.8 *Standard Normalization* (S-Norm)

Setiap indikator dari KPI mulai dari *financial*, *productivity*, *utilization*, *quality*, dan *cycle time* tentunya memiliki bobot yang berbeda-beda dengan skala ukuran yang berbeda-beda pula. Maka untuk memperoleh nilai akhir dari seluruh indikator dengan skala yang sama perlu dilakukan proses penyamaan parameter yakni dengan cara melakukan normalisasi. Proses normalisasi dilakukan dengan persamaan normalisasi Snorm dari De boer (Trienekens & Hvolby, 2000) yaitu :

1. Untuk *Larger is Better*

$$Snorm = \frac{(Si - Smin)}{(Smax - Smin)} \times 100 \quad (2.6)$$

2. Untuk *Lower is Better*

$$S_{norm} = \frac{(S_{max}-S_i)}{(S_{max}-S_{min})} \times 100 \quad (2.7)$$

Keterangan:

S_i = Nilai indikator aktual yang berhasil dicapai

S_{max} = Nilai pencapaian kinerja terbaik dari indikator kinerja

S_{min} = Nilai pencapaian kinerja terburuk dari indikator kinerja

Pada pengukuran ini setiap bobot dari indikator dikonversikan ke dalam interval nilai tertentu yaitu 0 (nol) sampai dengan 100 (seratus). Untuk nilai 0 (nol) diartikan paling buruk dan 100 (seratus) diartikan paling baik. Sistem monitoring dan indikator performansi ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Sistem Monitoring dan Indikator Performansi

Sistem Monitoring	Indikator Performansi
< 40	<i>Poor</i>
40-50	<i>Marginal</i>
50-70	<i>Average</i>
70-90	<i>Good</i>
> 90	<i>Excellent</i>

(Sumber: Trienekens & Hvolby, 2000)

2.2 Kajian Induktif

Kajian induktif berisikan hasil penelitian-penelitian berkaitan dengan topik yang sedang diteliti yakni mengenai persediaan dan kinerja gudang. Penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dari segi metode maupun objek penelitian akan dibandingkan untuk mendapatkan *state of the art*. Hal ini menjadi penegasan bahwa hasil penelitian ini adalah penelitian yang baru atau mutakhir dan memiliki nilai *novelty* dibanding penelitian

sebelumnya. Kajian induktif disajikan pada Tabel 2.5 sedangkan *state of the art* dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.5 Kajian Induktif

No.	Penulis (Judul)	Penerbit	Hasil Kajian
1	Sualiman, F. & Nanda (Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Menggunakan Metode EOQ pada UD Adi Mebel, 2015)	Jurnal Teknovasi	Penelitian ini berisikan pengendalian persediaan dengan perencanaan persediaan bahan baku yang tepat menggunakan metode EOQ. Jenis data dalam penelitian ini menggunakan data kualitatif dan data kuantitatif. Berdasarkan hasil penelitian ditemukan jumlah pembelian bahan baku yang paling ekonomis adalah 24 Ton dengan frekuensi pemesanan sebanyak 4 kali pemesanan dalam satu tahun. Persediaan pengaman (<i>Safety Stock</i>) sebanyak 2.19 Ton Kayu dan titik pemesanan kembali (<i>Re Order Point</i>) sebanyak 4.48 Ton Kayu
2	Ardiansah, I., Pujianto, T., & Perdana, I. I. (<i>Penerapan Simulasi Monte Carlo Dalam Memprediksi Persediaan Produk Jadi Pada IKM Buluk Lupa</i> , 2019))	Jurnal Industri Pertanian	Penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi Monte Carlo dalam memprediksi persediaan produksi keripik tempe IKM Buluk Lupa di masa mendatang sehingga dapat memberikan metode yang tepat dalam melaksanakan produksi per harinya. Data yang diambil merupakan data kuantitatif yaitu data produksi IKM per hari di masa lampau dan data kualitatif berupa wawancara dan diskusi dengan pemilik dan pegawai IKM. Dari penelitian ditarik kesimpulan bahwa simulasi menggunakan model Monte Carlo dapat diaplikasikan

No.	Penulis (Judul)	Penerbit	Hasil Kajian
			kedalam produk olahan pangan termasuk makanan yang berbahan dasar tempe yang memiliki masa kadaluarsa yang cukup singkat.
3	Salam, A. & Mujibarrahman (Pengendalian Persediaan Bahan Baku menggunakan Metode Min-Max <i>Stock</i> pada Perusahaan Konveksi Gober Indo, 2018)	Jurnal Ekonomi dan Manajemen Teknologi	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah CV Gober Indo Group telah melakukan pengendalian persediaan bahan baku dengan tepat. Metode pengendalian persediaan bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah metode min-max. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persediaan maksimum dan minimum secara berturut-turut untuk bahan baku kain adalah 842 dan 430. Jumlah persediaan yang dikendalikan dengan menggunakan metode min-max stock tersebut menghasilkan hasil yang lebih efisien jika dibandingkan dengan jumlah persediaan akhir perusahaan.
4	Sumiati & Iriani (Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Menggunakan Simulasi Monte Carlo di UD Selebriti, 2017)	<i>Journal of Industrial Engineering and Management</i>	Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah persediaan bahan baku yang optimal dan mengetahui seberapa besar minimasi total biaya persediaan dengan menggunakan metode simulasi Monte Carlo, sehingga dapat menyelesaikan permasalahan pada perusahaan yang sering kali mengalami kelebihan (<i>Overstock</i>). Objek penelitian dilakukan di UD. Selebriti yang merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak pada bidang peralatan rumah tangga. Dari hasil

No.	Penulis (Judul)	Penerbit	Hasil Kajian
			<p>perhitungan diperoleh jumlah optimal persediaan bahan baku adalah <i>High Density Polyetilene</i> sebesar 85.541 Kg, <i>Poly Prophilene</i> sebesar 71.598 Kg, dan pewarna sebesar 954 Kg. Dari jumlah persediaan optimal tersebut, diperoleh nilai persediaan sebesar Rp. 1.850.188.000 dan nilai persediaan ini lebih kecil dari nilai persediaan pada perusahaan sebesar Rp. 1.982.404.000.</p>
5	<p>Hudori, M. (Peramalan Kebutuhan dan Pengendalian Persediaan <i>Calcium Cabonate</i> di Pabrik Kelapa Sawit, 2019)</p>	<p>Jurnal Citra Widya Edukasi</p>	<p>Penelitian ini membahas tentang sistem pengendalian persediaan <i>calcium carbonate</i> yang merupakan salah satu material penting di pabrik kelapa sawit (PKS). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif dan simulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menerapkan hasil peramalan dengan simulasi monte carlo akan menyebabkan tingkat persediaan harian untuk <i>calcium carbonate</i> menjadi lebih rendah, perputaran persediaan lenih tinggi dan masa penyimpanan rata-rata lebih cepat jika dibandingkan degan dengan kondisi nyata perusahaan.</p>
6	<p>Rokhim, M. (Penentuan <i>Key Performance Indicator</i> dengan</p>	<p>Jurnal Teknik Industri</p>	<p>Penelitian ini berfokus pada pengukuran <i>Key Performance Indicator</i> (KPI) dengan metode BSC di departemen <i>Industrial Engineering</i> pada sebuah perusahaan</p>

No.	Penulis (Judul)	Penerbit	Hasil Kajian
	Metode <i>Balanced Scorecard</i> , 2017)		manufaktur di daerah Tangerang. Hasil penelitian ini berupa penentuan target setiap KPI menggunakan kaidah SMART (<i>specific, measurable, achievable, reasonable, time bound</i>), selanjutnya monitoring hasil pencapaian, <i>coaching</i> , dan <i>feedback</i> . Lalu hasil <i>monitoring</i> setiap KPI dipakai untuk <i>me-review</i> proses penilaian kinerja setiap <i>engineer</i> dengan cara pemboobotan setiap KPI menggunakan <i>system grading</i> .
7	Paul, Y. & Lestari, Y. D. (<i>Managing Stock in Warehouse: A Case Study of A Retail Industry in Jakarta</i> , 2015)	Journal of Business Management	Penelitian ini dilakukan di PT Chintaka Bumi Pertiwi untuk mengetahui permasalahan yang terjadi di gudang material dengan menganalisis kinerja gudang tersebut. Metode yang digunakan <i>DMAIC Framework</i> yang mengacu pada aktivitas yang ditetapkan Frazelle (<i>receiving, put away, storage, order picking, dan shipping</i>). Hasil penelitian menunjukkan bahwa permasalahan yang terjadi di gudang disebabkan oleh prosedur kerja yang kurang baik hingga menyebabkan material tidak tersusun seperti seharusnya, waktu proses aktivitas gudang yang lambat, serta tidak adanya kontrol terhadap proses penyimpanan di gudang.
8	Yulia Mustika (Analisis <i>Key</i>	Program Studi Teknik Industri,	Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap KPI gudang pada divisi Mijas,

No.	Penulis (Judul)	Penerbit	Hasil Kajian
	<i>Performance Indicator</i> Menggunakan <i>Balanced Scorecard</i> di Gudang Divisi Mesin Industri dan Jasa PT PINDAD, (2013)	Fakultas Teknik, Universitas Widyatama	yang dianggap memiliki peranan cukup besar di perusahaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur kinerja gudang dan mengetahui kriteria atau level kinerja pada gudang PT PINDAD menggunakan metode <i>balanced scorecard</i> (BSC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa gudang alat peralatan kapal laut digolongkan dalam kondisi sangat sehat dengan total skor 84,58 sedangkan gudang kereta api digolongkan dalam kondisi kurang sehat dengan total skor 63,74.
9	Chandra, A. (Pengukuran Kinerja Gudang dengan Menggunakan Metode <i>Balanced Scorecard</i> – Studi Kasus pada PT GMS Jakarta, 2014)	Jurnal Metris	Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja gudang pada PT.GMS dengan menggunakan KPI yang mengacu pada <i>Balanced Scorecard</i> yang meliputi 4 (empat) aspek yaitu aspek finansial, aspek kepuasan pelanggan, aspek <i>internal process</i> , dan aspek <i>learning and growth</i> atau <i>innovation and learning</i> . Hasil menunjukkan kinerja gudang perusahaan secara aspek finansial, kepuasan pelanggan, <i>internal process</i> sudah mencapai target, namun untuk aspek <i>learning and growth</i> masih pada tujuan menurunkan tingkat <i>alpha</i> – sakit.
10	Qurtubi, Jalal, R. A., & Safitri, W. (Analisis Kinerja	Jurnal Ilmiah Teknik Industri	Dalam penelitian ini dilakukan evaluasi kinerja dari gudang PT XYZ menggunakan metode <i>balanced scorecard</i> dengan untuk

No.	Penulis (Judul)	Penerbit	Hasil Kajian
	Gudang dengan Pendekatan <i>Key Performance Indicator</i> (KPI) dan <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP), (2018)		mengetahui apakah gudang tersebut menguntungkan atau merugikan perusahaan serta mengetahui kinerja dari gudang PT XYZ. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada perhitungan KPI diketahui indikator atau proses yang memiliki skor terendah ada pada <i>shipping</i> sebesar 300,51 dan tertinggi pada <i>put-away</i> sebesar 436,82.
11	Khairunisa, A. (Optimasi Persediaan Menggunakan Pendekatan Simulasi Monte Carlo serta Analisis Kinerja Gudang Batu Bara Menggunakan , (2020)	Universitas Islam Indonesia	Penelitian ini berfokus pada optimasi persediaan dan analisis kinerja gudang batu bara di PT Sinar Tambang Arthalestari. Metode yang digunakan berupa Min Max dan EOQ, simulasi Monte Carlo untuk persediaan, dan pendekatan <i>Key Performance Indicator</i> berbasis <i>Frazelle Model</i> untuk pengukuran kinerja gudang. Hasil simulasi Monte Carlo menunjukkan bahwa penerapan model scenario dapat menurunkan jumlah <i>overstock</i> batu bara di gudang dibandingkan dengan kondisi sistem nyatanya. Selanjutnya kinerja gudang PT Sinar Tambang Arthalestari diketahui sebesar 78,097 artinya masuk ke dalam kategori Good dengan nilai tertinggi diperoleh proses <i>Storage</i> dan terendah diperoleh proses <i>Receiving</i> .

Tabel 2.6 *State of the Art*

Penelitian ke-	Subjek yang Diteliti		Metode Penelitian					
	Persediaan	Kinerja Gudang	Persediaan			Warehouse		
			EOQ	Min Max	Monte Carlo	BCS	DCAMIC	Frazelle Model
1	v		v					
2	v		v					
3	v		v					
4	v		v		v			
5	v		v	v				
6		v			v			
7		v					v	
8		v				v		
9		v				v		
10		v				v		
11	v	v		v	v		v	v

Berdasarkan Tabel 2.6, dapat diketahui bahwa penelitian mengenai persediaan dan kinerja gudang menggunakan metode Min Max, EOQ Monte Carlo dan *Frazelle Model* belum pernah dilakukan sebelumnya. Beberapa variabel yang dianalisis dan metode yang digunakan dalam perhitungan memiliki persamaan dengan penelitian-penelitian . Meskipun demikian, beberapa penelitian mengendai persediaan terdahulu belum menggunakan simulasi monte carlo untuk objek penelitian manufaktur *non-metallic mineral products* terkhusus produksi semen. Selain itu belum ditemukan penelitian terdahulu mengenai analisis kinerja gudang dalam industri manufaktur *non-metallic mineral products* dengan menggunakan *Frazelle Model*. Penelitian yang membahas kedua hal tersebut secara bersamaan untuk industri manufaktur *non-metallic mineral products* juga belum ditemukan. Maka dari itu, penelitian ini memiliki nilai *novelty* dilihat dari segi objek penelitian yang diteliti.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek, Subjek dan Lokasi Penelitian

Objek penelitian ini PT Sinar Tambang Arthalestari. Subjek penelitian ini adalah tingkat persediaan dan kinerja gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari. Penelitian ini berlokasi di Departemen *Supply*, PT Sinar Tambang Arthalestari, Ajibarang, Jawa Tengah.

3.2 Identifikasi Masalah

Tahapan ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah yang terjadi pada gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi jumlah *overstock* pada persediaan batu bara serta mengetahui kinerja gudang batu bara pada agar perusahaan dapat terus melakukan perbaikan pengelolaan gudang secara berkelanjutan.

3.3 Jenis Data

Pada penelitian ini terdapat 2 (dua) jenis data yang digunakan untuk menunjang pengolahan data penelitian yaitu:

1. Data primer

Data primer merupakan data-data yang diperoleh secara langsung atau observasi di lapangan dengan sumber terkait. Dalam penelitian ini data primer diperoleh dari observasi langsung di lapangan yaitu di gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari, pemberian kuesioner kepada *expert*, dan wawancara dengan *expert*

yaitu pegawai tetap perusahaan yang berpengalaman dan berkompeten dalam mengelola gudang batu bara.

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung dari data primer yang diperoleh secara tidak langsung melainkan diperoleh melalui sumber lain seperti artikel, jurnal, prosiding, buku, dan laporan perusahaan. Data sekunder dalam penelitian ini berupa data penyimpanan dan pengeluaran batu bara selama 11 (tiga) bulan, yaitu bulan Januari hingga November 2019, dan beberapa literatur yang dijadikan sebagai acuan dalam pengolahan data terkait pengelolaan persediaan dan pengukuran kinerja gudang.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Observasi

Dalam metode observasi dilakukan pengumpulan data dan informasi secara langsung pada gudang batu bara. Data yang diperoleh dari hasil observasi digunakan untuk mendapatkan data kapasitas gudang batu bara, jumlah kebutuhan *user* terhadap batu bara, *lead time* pemesanan batu bara, dan titik pemesanan kembali batu bara yang dilakukan PT Sinar Tambang Arthalestari.

2. Wawancara

Pada penelitian ini wawancara dilakukan untuk memperoleh keterangan yang mendukung tujuan penelitian dengan bertatap muka secara langsung dan tanya jawab antara peneliti dengan *expert* yang terdiri dari pegawai tetap perusahaan PT Sinar Tambang Arthalestari. Data yang didapatkan meliputi proses produksi yang dilakukan perusahaan, komponen sumberdaya yang diperlukan dalam kegiatan operasional, serta kebijakan-kebijakan yang ditetapkan PT Sinar Tambang Arthalestari.

3. Kuesioner

Dalam penelitian ini kuesioner dilakukan dengan memberikan daftar pertanyaan tertulis kepada *expert* yakni pegawai tetap perusahaan. Kuesioner yang diberikan berupa kuesioner perbandingan kriteria KPI terkait kinerja gudang sesuai masing-

masing proses yang dilakukan di gudang batu bara. Bentuk kuesioner perbandingan kriteria dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kuesioner Perbandingan Kriteria

Kiri	Diisi bila sama penting	Diisi jika faktor pada kolom kiri lebih penting dibandingkan faktor pada kolom kanan								Diisi jika faktor pada kolom kiri lebih penting dibandingkan faktor pada kolom kanan								Kanan	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9		
KPI1																			KPI2
KPI1																			KPI3
KPI1																			KPI4
KPI1																			KPI5
KPI2																			KPI3
KPI2																			KPI4
KPI2																			KPI5
KPI3																			KPI4
KPI3																			KPI5
KPI4																			KPI5

4. Studi Pustaka

Pada penelitian ini studi pustaka mengacu pada informasi yang diperoleh penelitian-penelitian terdahulu yang mendukung metode penelitian. Informasi tersebut diperoleh dari beberapa sumber seperti artikel, jurnal, prosiding, buku, dan laporan perusahaan. Beberapa informasi yang diperoleh dari studi pustaka berkaitan dengan perencanaan pengadaan bahan baku, metode Min Max dan simulasi Monte Carlo, *Key Performance Indicator* gudang, *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Standard Normalization* (S-Norm).

3.5 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini dibagi ke dalam dua, yakni untuk pengelolaan persediaan batu bara menggunakan metode Min Max dan simulasi Monte Carlo sedangkan untuk pengukuran kinerja gudang menggunakan metode *Analytical*

Hierarchy Process (AHP), perhitungan *Key Performance Indicator* (KPI) dan *Standard Normalization* (S-Norm). Hasil pengolahan data menggunakan metode-metode tersebut diharapkan mampu mengoptimasi persediaan batu bara di PT Sinar Tambang Arthalestari serta dapat memberikan solusi perbaikan kinerja gudang batu bara perusahaan.

3.5.1 Persediaan

Dalam optimasi persediaan dilakukan perhitungan menggunakan metode Min Max dan *Economic Order Quantity* yang kemudian dilakukan simulasi Monte Carlo untuk melihat gambaran penerapan hasil perhitungan untuk beberapa periode ke depan.

3.5.1.1 Perhitungan Metode Min Max

Langkah awal dalam optimasi persediaan adalah melakukan perhitungan *safety stock*, *maximum inventory*, *re-order point*, dan *economic order quantity* menggunakan metode Min Max. Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode Min Max dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung rata rata permintaan dan *lead time* batu bara menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rata-rata permintaan} = \frac{(d1+d2+d3+..+dn)}{n} \quad (3.1)$$

$$\text{Rata-rata leadtime} = \frac{(l1+l2+l3+..+ln)}{n} \quad (3.2)$$

2. Menghitung standar deviasi permintaan dan leadtime (Sdl) dengan persamaan berikut:

$$\text{Sdl} = \text{sd} \times \sqrt{l} \quad (3.3)$$

3. Penentuan persediaan pangaman (*safety stock*) atau sama dengan *minimum inventory* pada batu bara berdasarkan data kebutuhan batu bara dan *leadtime*. Perhitungan *safety stock* menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{SS} = \text{Sdl} \times Z \quad (3.4)$$

4. Penentuan *re-order point* (ROP) yaitu titik di mana pemesanan kembali terhadap batu bara dilakukan. Persamaan untuk menghitung ROP adalah sebagai berikut:

$$\text{ROP} = (d \times l) + \text{SS} \quad (3.5)$$

5. Penentuan *economic order quantity* (EOQ) yaitu jumlah kuantitas setiap pemesanan batu bara menggunakan persamaan berikut:

$$EOQ = 2 \times d \times l \quad (3.6)$$

6. Penentuan persediaan maksimum (*maximum inventory*) yaitu jumlah kuantitas maksimum batu bara yang diperbolehkan disimpan di persediaan. Persediaan maksimum dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persediaan maksimum} = (2 \times d \times l) + SS \quad (3.7)$$

Keterangan:

SS = *safety stock*

Sdl = standar deviasi *demand* dan *leadtime*

d = rata-rata *demand*

l = rata-rata *leadtime*

Z = *service level*

ROP = *re-order point*

EOQ = *economic order quantity*

3.5.1.2 Perhitungan Metode *Economic Order Quantity* (EOQ)

Dalam penelitian ini dilakukan juga perhitungan persediaan dengan menggunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) dengan cara memasukan biaya pemesanan dan penyimpanan.

Dalam penelitian ini, EOQ dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2SD}{H}} \quad (3.8)$$

$$\text{Total cost} = dp + \frac{d}{EOQ}S + \frac{EOQ}{2}H \quad (3.9)$$

$$\text{Safety stock / SS} = SD \text{ dl} \times Z \quad (3.10)$$

$$\text{Reorder point} = (l \times d) + SS \quad (3.11)$$

Keterangan:

EOQ = *Economic Order Quantity*

SS = *Safety Stock*

H	= biaya penyimpanan
d	= permintaan/kebutuhan bahan baku
l	= <i>leadtime</i>
p	= harga bahan baku
SD	= standar deviasi

3.5.1.3 Pembangunan Simulasi Monte Carlo

Pada penelitian ini, dibangun 3 (tiga) model simulasi Monte Carlo yaitu model awal, model skenario 1 dan mode skenario 2. Kemudian setiap model disimulasikan ke dalam beberapa periode ke depan. Adapun tahapan pembuatan model simulasi Monte Carlo pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini:

1. Langkah pertama adalah melakukan input modelling yakni membuat distribusi probabilitas untuk setiap variabel yang memiliki unsur probabilistik seperti *leadtime* dan kebutuhan *user (demand)*. Untuk model awal, input data berasal dari kondisi nyata di PT Sinar Tambang Arthalestari, sedangkan *input* data untuk model skenario berasal dari hasil perhitungan optimasi persediaan dengan metode Min-Max.
2. Selanjutnya membangun distribusi probabilitas kumulatif untuk varibel-varibel tersebut serta menentukan interval angka bilangan *random*.
3. Setelah melakukan input modelling, maka selanjutnya adalah dengan pembuatan logic untuk model simulasi yang dibangun.
4. Setelah model sudah dibangun maka selanjutnya akan mensimulasikan model untuk mendapatkan hasil simulasi dari kondisi sistem nyata maupun kondisi hasil skenario.
5. Selanjutnya simulasi Monte Carlo pada model awal dibandingkan dengan hasil simulasi dari model skenario.
6. Lakukan evaluasi model. Hasil perbandingan antar kedua model kemudian dievaluasi hdengan parameter yang dilihat adalah waktu pemesanan, *EOQ*, *Re-Order Point* dan nilai *safety stock*. yang kemudian dapat diajukan sebagai solusi dalam melakukan optimasi dan perencanaan persediaan bahan baku batu bakar.

3.5.2 Kinerja Gudang

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kinerja gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari dengan mengacu pada *Frazelle Model*, adapun langkah-langkah pengukurannya adalah sebagai berikut:

3.5.2.1 Pengukuran Kinerja Gudang dengan KPI

Pengukuran kinerja gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari dilakukan dengan menggunakan *Key Performance Indicators* (Frazelle, 2002), dengan menggunakan indikator KPI yang ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 *Key Performance Indicators Gudang*

	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>
Receiving	<i>Receiving cost per line</i>	<i>Receipts per man-hour</i>	<i>% Dock door utilization</i>	<i>% Receipts processed accurately</i>	<i>Receipt processing time per receipt</i>
Put Away	<i>Put away cost per line</i>	<i>Put aways per man-hour</i>	<i>% Utilization of put away labor and equipment</i>	<i>% Perfect put aways</i>	<i>Put aways cycle time (per put away)</i>
Storage	<i>Storage space cost per item</i>	<i>Inventory per square foot</i>	<i>% Locations and cupe occupied</i>	<i>% Locations without inventory discrepancies</i>	<i>Inventory days on hand</i>
Order Picking	<i>Picking cost per order line</i>	<i>Order lines picked per man-hour</i>	<i>% Utilization of picking labor and equipment</i>	<i>% Perfect picking lines</i>	<i>Order picking cycle time (per order)</i>
Shipping	<i>Shipping cost per customer order</i>	<i>Order prepared for shipment per man-hour</i>	<i>% Utilixstion of shipping docks</i>	<i>% Perfect shipment</i>	<i>Warehouse order cycle time</i>

(Sumber: Frazelle, 2002)

3.2.5.2 Pengukuran Bobot Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Dalam penelitian ini AHP digunakan untuk mengukur bobot dari tiap kriteria proses gudang dan indikator KPI yang ditetapkan oleh *expert*. Pada dasarnya langkah-langkah dalam metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) pada penelitian ini meliputi:

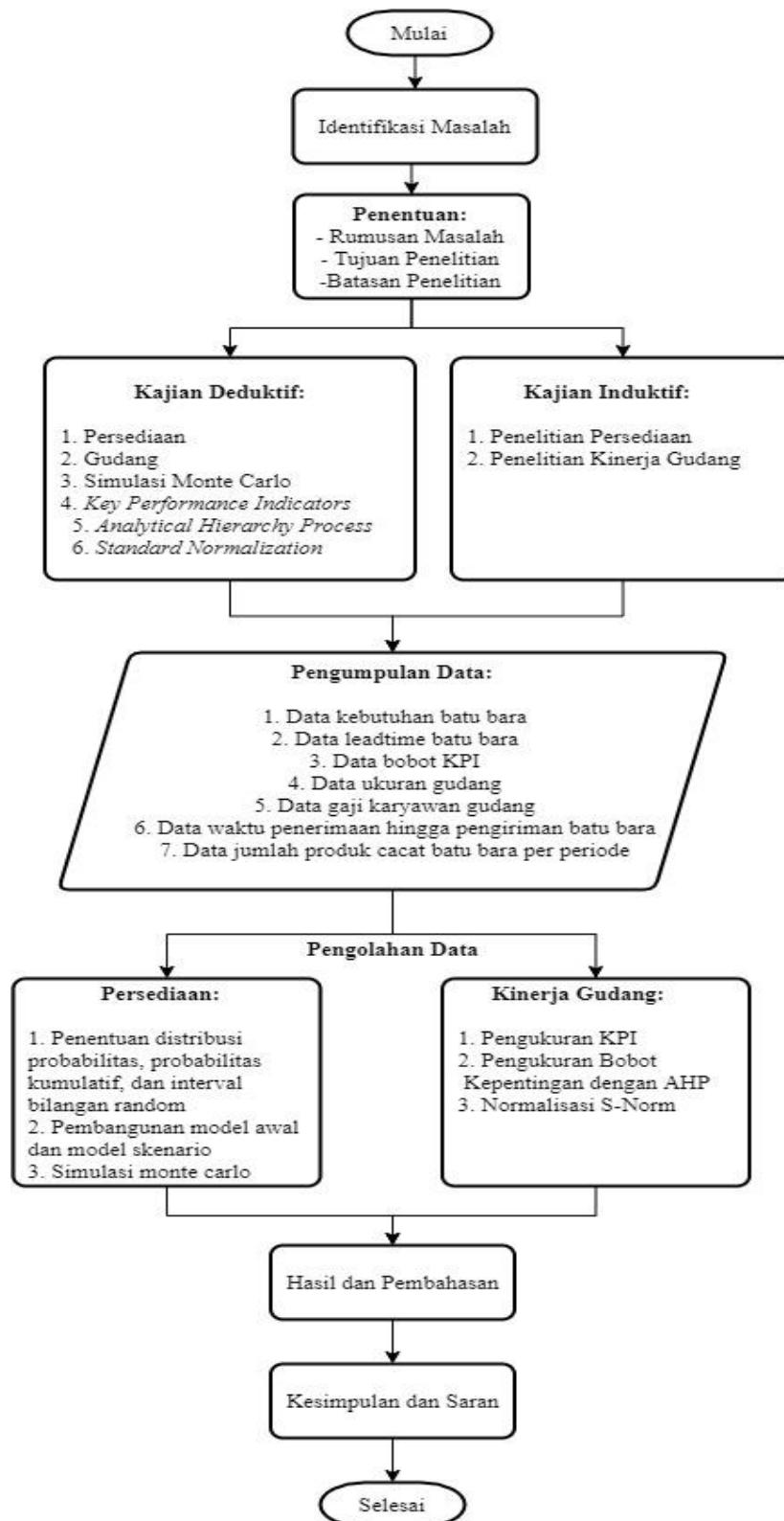
1. Identifikasi permasalahan dan menentukan solusi yang berkaitan dengan proses gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari.
2. Menyusun hierarki proses gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari.
3. Penilaian prioritas elemen kriteria dan alternatif dengan menggunakan Skala Saaty yang ditunjukkan Tabel 2.2.

3.2.5.3 Normalisasi dengan S-Norm

Pada penelitian ini dilakukan normalisasi untuk tiap bobot dari indikator KPI dengan tujuan untuk memperoleh nilai akhir kinerja gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari dengan skala yang sama. Normalisasi dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.6) untuk kategori *lower is better* dan persamaan (2.7) untuk kategori *larger is better*. Dengan begitu maka parameter dari setiap indikator menjadi sama, yang kemudian didapatkan suatu nilai total kinerja gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari.

3.6 Alur Penelitian

Alur penelitian Tugas Akhir ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Alur Penelitian

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Persediaan

Untuk menghitung optimasi persediaan digunakan metode Min Max untuk menentukan nilai *safety stock*, *reorder point*, *economic order quantity*, dan persediaan maksimum yang kemudian hasil dari perhitungan tersebut digunakan sebagai *input modelling* dalam simulasi Monte Carlo.

4.1.1 Perhitungan Metode Min Max

Data-data yang digunakan dalam perhitungan optimasi persediaan menggunakan metode Min Max ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

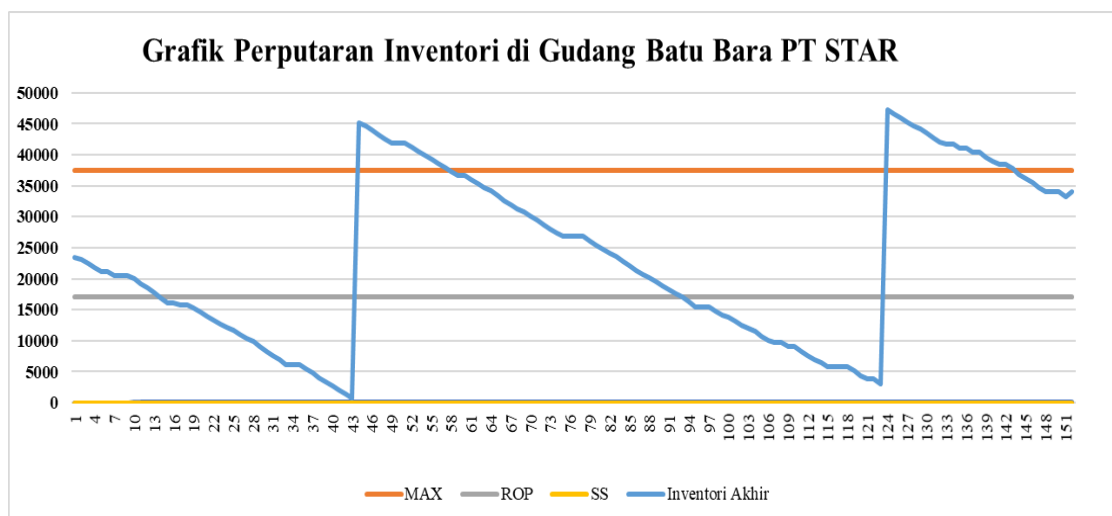
Tabel 4.1 Data Kebutuhan *User* Terhadap Batu Bara

Permintaan / Hari (Ton)							
Hari	Permintaan	Hari	Permintaan	Hari	Permintaan	Hari	Permintaan
1	610	24	645	47	552	70	0
2	651	25	599	48	421	71	0
3	732	26	774	49	701	72	612
4	809	27	0	50	0	73	423
5	765	28	422	51	740	74	668
6	871	29	826	52	595	75	640
7	0	30	665	53	599	76	0
8	716	31	732	54	745	77	591
9	747	32	740	55	0	78	440
10	719	33	0	56	665	79	0
11	422	34	0	57	0	80	373
12	555	35	552	58	550	81	596
13	635	36	726	59	534	82	446
14	0	37	601	60	593	83	590
15	683	38	649	61	0	84	816
16	732	39	430	62	0	85	547
17	582	40	740	63	489	86	732
18	0	41	726	64	513	87	640

Permintaan / Hari (Ton)							
Hari	Permintaan	Hari	Permintaan	Hari	Permintaan	Hari	Permintaan
19	656	42	0	65	623	88	650
20	576	43	0	66	637	89	749
21	521	44	639	67	599	90	603
22	753	45	594	68	0	91	740
23	824	46	0	69	580	92	778

Tabel 4.2 Data *Lead Time*, ROP, dan Kapasitas Pemesanan Batu Bara

<i>Lead Time</i> (Hari) (PR - Barang Datang)	ROP (Ton)	Kapasitas Pemesanan (Ton)
26		
29		
32		
33	17.000	45.000
28		
29		
31		



Gambar 4.1 Grafik Perputaran Inventori

Berikut adalah hasil perhitungan untuk optimasi persediaan menggunakan metode Min Max menggunakan persamaan (3.1) hingga (3.7):

$$\text{Rata-rata permintaan} = d = \frac{(610+651+732+809+\dots+778)}{92} = 503 \text{ ton/hari}$$

$$\text{Rata-rata } leadtime = l = \frac{(26+29+32+33+28+29+131)}{7} = 29,83 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{StdI} &= \sqrt{(503^2 \times 6,967^2 + (29,833 \times 77511,59^2))} = 2.018,03 \\ \text{SS} &= 2.018,03 \times 2,326 = 4.695 \text{ ton} \\ \text{ROP} &= (503 \times 29,83) + 4.695 = 19.690 \text{ ton} \\ \text{EOQ} &= 2 \times 503 \times 29,83 = 29.990 \text{ ton} \\ \text{Persediaan maks} &= 4.695 + 29.990 = 34.685 \text{ ton} \end{aligned}$$

4.1.2 Perhitungan Metode *Economic Order Quantity* (EOQ)

4.1.2.1 Biaya Pemesanan

- **Biaya Telepon**

Biaya telepon yang dikeluarkan oleh PT STAR untuk melakukan satu kali pemesanan bahan baku adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Biaya telepon} &= \text{Tarif} \times \text{Waktu} \\ &= \text{Rp } 500 \text{ per menit} \times 30 \text{ menit} \\ &= \text{Rp } 15.000 / \text{pemesanan} \end{aligned}$$

- **Upah Karyawan**

Perhitungan upah karyawan untuk biaya pemesanan bahan baku PT STAR adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Upah} &= \text{Gaji per bulan} \times \text{Jumlah karyawan} \times \% \text{ aktivitas order} \\ &= \text{Rp } 1.900.000 \times 3 \text{ orang} \times 50\% \\ &= \text{Rp } 285.000 / \text{pemesanan} \end{aligned}$$

- **Biaya Administrasi**

Perhitungan biaya administrasi dalam pemesanan bahan baku PT STAR adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Biaya Kertas} &= \text{Rp } 30.000 \text{ per } 250 \text{ pcs} \\ \text{Biaya Tinta} &= \text{Rp } 76.000 \text{ per botol} \\ \text{Total Biaya Administrasi} &= \text{Rp } 30.000 + 76.000 \\ &= \text{Rp } 106.000 \text{ per pemesanan} \end{aligned}$$

- **Biaya Pengiriman**

Batu bara dikirimkan menggunakan jasa yang disediakan oleh vendor dan telah disepakati bersama antara PT STAR dengan vendor. Biaya pengiriman diasumsikan sebesar 0,5% dari harga beli batu bara, maka:

$$\begin{aligned}\text{Biaya pengiriman} &= \text{Rp } 4.500 \times 45.000 \text{ ton} \\ &= \text{Rp } 202.500.000 / \text{pemesanan}\end{aligned}$$

Maka total biaya pemesanan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Total biaya pemesanan} &= \text{Rp } 15.000 + 285.000 + 106.000 + 202.500.000 \\ &= \text{Rp } 202.649.400\end{aligned}$$

4.1.2.2 Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan diasumsikan sebesar 10% dari total harga beli batu bara per ton, sehingga biaya penyimpanan sebesar Rp 90.000/ton.

4.1.2.3 Total Biaya Persediaan

Berikut adalah total biaya persediaan batu bara PT STAR:

1. Total kebutuhan bahan baku = 45.000 ton
2. Biaya pemesanan/pemesanan = Rp 202.649.400
3. Biaya penyimpanan = Rp 90.000/ton
4. Harga bahan baku = Rp 900.000/ton

Maka perhitungan total biaya persediaan atau *Total Cost (TCpm)* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{TCpm} &= (\text{Rp } 22.649.400 \times 4 \text{ kali}) + (45.000 \text{ ton} \times \text{Rp } 900.000) + (45.000 \text{ ton} \times \text{Rp } 90.000) \\ &= \text{Rp. } 44.640.597.600 \text{ per tahun}\end{aligned}$$

4.1.2.4 Perhitungan *Economic Order Quantity (EOQ)*

Perhitungan EOQ dengan mempertimbangkan biaya ekonomis terhadap batu bara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{EOQ} &= \sqrt{\frac{2 \times \text{Rp } 202.649.400 \times 45.000}{90.000}} \\ &= 14.235,497 \sim 14.236 \text{ ton}\end{aligned}$$

Maka total biaya persediaan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{TCps} &= 45.000 \text{ ton} \times \text{Rp } 900.000 + \frac{45.000 \text{ ton}}{14.236} \times \text{Rp } 202.649.400 + \frac{14.236}{2} \times \text{Rp } 90.000 \\ &= \text{Rp } 41.781.194.810 \end{aligned}$$

4.1.2.5 Perhitungan *Safety Stock* (SS) dan *Re-Order Point* (ROP)

Perhitungan *safety stock* batu bara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{SS} &= \text{SD (d) (l)} \times Z (100\%) \\ &= 2.018,03 \times 2,326 \\ &= 4.695 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{ROP} = (\text{lxd}) + \text{SS} = 503 \times 29,83 + 4.695 = 19.690 \text{ ton}$$

4.1.3 Simulasi Monte Carlo

Setelah mendapatkan hasil perhitungan Min-Max tersebut, maka tahapan selanjutnya adalah pembuatan model simulasi Monte Carlo. Terdapat dua jenis model yang dibuat, yakni model awal yang mengikuti kondisi sistem nyatanya dan model skenario yang mengikuti hasil perhitungan Min-Max yang telah diperoleh. Tabel 4.3 menunjukkan distribusi probabilitas, probabilitas kumulatif, dan interval bilangan *random* untuk kebutuhan batu bara.

Tabel 4.3 Distribusi Probabilitas, Probabilitas Kumulatif dan Interval Bilangan Random untuk Permintaan Batu Bara

No	Permintaan (Ton/Hari)	Frek.	Probabilitas	Probabilitas Kum.	BB	BA
1	0	19	0,207	0,207	1,00	20,65
2	610	1	0,011	0,217	21,65	21,74
3	651	1	0,011	0,228	22,74	22,83
4	732	3	0,033	0,261	23,83	26,09
5	809	1	0,011	0,272	27,09	27,17
6	749	1	0,011	0,283	28,17	28,26
7	871	1	0,011	0,293	29,26	29,35
8	765	1	0,011	0,304	30,35	30,43
9	716	1	0,011	0,315	31,43	31,52
10	446	1	0,011	0,326	32,52	32,61
11	590	1	0,011	0,337	33,61	33,70

No	Permintaan (Ton/Hari)	Frek.	Probabilitas	Probabilitas Kum.	BB	BA
12	645	1	0,011	0,348	34,70	34,78
13	599	3	0,033	0,380	35,78	38,04
14	774	1	0,011	0,391	39,04	39,13
15	665	2	0,022	0,413	40,13	41,30
16	826	1	0,011	0,424	42,30	42,39
17	612	1	0,011	0,435	43,39	43,48
18	740	4	0,043	0,478	44,48	47,83
19	601	1	0,011	0,489	48,83	48,91
20	552	2	0,022	0,511	49,91	51,09
21	422	2	0,022	0,533	52,09	53,26
22	555	1	0,011	0,543	54,26	54,35
23	701	1	0,011	0,554	55,35	55,43
24	595	1	0,011	0,565	56,43	56,52
25	745	1	0,011	0,576	57,52	57,61
26	421	1	0,011	0,587	58,61	58,70
27	534	1	0,011	0,598	59,70	59,78
28	550	1	0,011	0,609	60,78	60,87
29	423	1	0,011	0,620	61,87	61,96
30	668	1	0,011	0,630	62,96	63,04
31	547	1	0,011	0,641	64,04	64,13
32	591	1	0,011	0,652	65,13	65,22
33	440	1	0,011	0,663	66,22	66,30
34	373	1	0,011	0,674	67,30	67,39
35	596	1	0,011	0,685	68,39	68,48
36	635	1	0,011	0,696	69,48	69,57
37	719	1	0,011	0,707	70,57	70,65
38	683	1	0,011	0,717	71,65	71,74
39	582	1	0,011	0,728	72,74	72,83
40	694	1	0,011	0,739	73,83	73,91
41	656	1	0,011	0,750	74,91	75,00
42	576	1	0,011	0,761	76,00	76,09
43	521	1	0,011	0,772	77,09	77,17
44	753	1	0,011	0,783	78,17	78,26
45	824	1	0,011	0,793	79,26	79,35
46	603	1	0,011	0,804	80,35	80,43
47	593	1	0,011	0,815	81,43	81,52
48	816	1	0,011	0,826	82,52	82,61
49	640	2	0,022	0,848	83,61	84,78
50	489	1	0,011	0,859	85,78	85,87

No	Permintaan (Ton/Hari)	Frek.	Probabilitas	Probabilitas Kum.	BB	BA
51	513	1	0,011	0,870	86,87	86,96
52	623	1	0,011	0,880	87,96	88,04
53	637	1	0,011	0,891	89,04	89,13
54	580	1	0,011	0,902	90,13	90,22
55	726	3	0,033	0,935	91,22	93,48
56	747	1	0,011	0,946	94,48	94,57
57	649	1	0,011	0,957	95,57	95,65
58	430	1	0,011	0,967	96,65	96,74
59	639	1	0,011	0,978	97,74	97,83
60	594	1	0,011	0,989	98,83	99
61	778	1	0,011	1	99,91	100
Total		92	1			

Tabel 4.4 menunjukkan distribusi probabilitas, probabilitas kumulatif, dan interval bilangan random untuk *lead time* batu bara hasil perhitungan sub-bab 4.1.1.

Tabel 4.4 Distribusi Probabilitas, Probabilitas Kumulatif dan Interval Bilangan Random untuk *Lead Time* Batu Bara

Lead Time (Hari)	Frek.	Probabilitas	Probabilitas Kum.	BB	BA
26	1	0,14	0,14	1	14
29	2	0,29	0,43	15	43
32	1	0,14	0,57	44	57
33	1	0,14	0,71	58	71
28	1	0,14	0,86	72	86
31	1	0,14	1	87	100
Total	7	1			

Tabel 4.5 menunjukkan data digunakan dalam *input modelling* Monte Carlo pada model awal, skenario 1 untuk Min Max, dan skenario 2 untuk EOQ.

Tabel 4.5 Data *Input Modelling*

Variabel	Awal	Skenario 1 (Min Max)	Skenario 2 (EOQ)
<i>Safety Stock</i> (SS) / Min	-	4.695 Ton	4.695
<i>Re-Order Point</i> (ROP)	17.000 Ton	19.690 Ton	19.690
<i>Economic Order Quantity</i>	45.000 Ton	29.990 Ton	14.236
Persediaan Maksimum	37.500 Ton	34.685 Ton	-

4.1.4 Hasil Simulasi Monte Carlo untuk Model Awal

Tabel 4.6 menunjukkan hasil simulasi dengan monte carlo untuk Model Awal (sesuai dengan sistem nyata).

Tabel 4.6 Hasil Simulasi Monte Carlo untuk Model Awal

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
Januari	1	70	1	635	0	23499	22864	0
	2	4	43	0	0	22864	22864	0
	3	84	37	640	0	22864	22224	0
	4	1	68	0	0	22224	22224	0
	5	38	82	599	0	22224	21625	0
	6	31	55	765	0	21625	20860	0
	7	43	3	826	0	20860	20034	0
	8	98	50	639	0	20034	19395	0
	9	49	75	601	0	19395	18794	0
	10	7	12	0	0	18794	18794	0
	11	35	89	645	0	18794	18149	0
	12	58	13	745	0	18149	17404	0
	13	85	71	640	0	17404	16764	0
	14	88	37	623	29	16764	16141	0
	15	43	77	826	28	16141	15315	0
	16	32	36	716	27	15315	14599	0
	17	71	31	719	26	14599	13880	0
	18	92	73	726	25	13880	13154	0
	19	46	36	740	24	13154	12414	0
	20	79	78	753	23	12414	11661	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
	21	54	69	422	22	11661	11239	0
	22	28	25	809	21	11239	10430	0
	23	55	97	555	20	10430	9875	0
	24	4	1	0	19	9875	9875	0
	25	36	80	599	18	9875	9276	0
	26	79	84	753	17	9276	8523	0
	27	39	96	599	16	8523	7924	0
	28	9	47	0	15	7924	7924	0
	29	69	19	596	14	7924	7328	0
	30	69	96	596	13	7328	6732	0
	31	17	60	0	12	6732	6732	0
Februari	1	79	63	753	11	6732	5979	0
	2	82	42	593	10	5979	5386	0
	3	57	65	595	9	5386	4791	0
	4	31	64	765	8	4791	4026	0
	5	14	89	0	7	4026	4026	0
	6	18	31	0	6	4026	4026	0
	7	55	41	555	5	4026	3471	0
	8	97	93	430	4	3471	3041	0
	9	45	74	740	3	3041	2301	0
	10	84	23	640	2	2301	1661	0
	11	49	92	601	1	1661	1060	0
	12	58	22	745	Pesanan Diterima	46060	45315	0
	13	73	81	582	0	45315	44733	0
	14	79	97	753	0	44733	43980	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
	15	77	62	576	0	43980	43404	0
	16	94	7	726	0	43404	42678	0
	17	18	38	0	0	42678	42678	0
	18	70	88	635	0	42678	42043	0
	19	90	19		0	42043	42043	0
	20	93	29	726	0	42043	41317	0
	21	66	28	591	0	41317	40726	0
	22	75	18	656	0	40726	40070	0
	23	26	86	732	0	40070	39338	0
	24	63	85	668	0	39338	38670	0
	25	88	26	623	0	38670	38047	0
	26	75	76		0	38047	38047	0
	27	84	40	640	0	38047	37407	0
	28	31	15	765	0	37407	36642	0
Maret	1	79	13	753	0	36642	35889	0
	2	85	4	640	0	35889	35249	0
	3	74	5	694	0	35249	34555	0
	4	76	11	656	0	34555	33899	0
	5	33	37	446	0	33899	33453	0
	6	39	47	599	0	33453	32854	0
	7	63	65	668	0	32854	32186	0
	8	89	91	623	0	32186	31563	0
	9	66	60	591	0	31563	30972	0
	10	20	89	0	0	30972	30972	0
	11	69	46	596	0	30972	30376	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
	12	69	81	596	0	30376	29780	0
	13	24	55	732	0	29780	29048	0
	14	81	39	603	0	29048	28445	0
	15	85	24	640	0	28445	27805	0
	16	80	62	824	0	27805	26981	0
	17	78	20	521	0	26981	26460	0
	18	76	26	656	0	26460	25804	0
	19	96	7	649	0	25804	25155	0
	20	21	49	0	0	25155	25155	0
	21	8	39	0	0	25155	25155	0
	22	66	30	591	0	25155	24564	0
	23	29	48	749	0	24564	23815	0
	24	79	43	753	0	23815	23062	0
	25	21	48	0	0	23062	23062	0
	26	50	22	552	0	23062	22510	0
	27	72	77	683	0	22510	21827	0
	28	100	53	778	0	21827	21049	0
	29	32	10	716	0	21049	20333	0
	30	77	46	576	0	20333	19757	0
	31	9	76	0	0	19757	19757	0
April	1	98	28	639	0	19757	19118	0
	2	18	70	0	0	19118	19118	0
	3	75	56	656	0	19118	18462	0
	4	21	17	0	0	18462	18462	0
	5	49	10	601	0	18462	17861	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
	6	13	12	0	0	17861	17861	0
	7	99	23	594	0	17861	17267	0
	8	16	24	0	0	17267	17267	0
	9	72	44	683	0	17267	16584	0
	10	79	47	753	32	16584	15831	0
	11	91	88	580	31	15831	15251	0
	12	32	99	716	30	15251	14535	0
	13	67	86	440	29	14535	14095	0
	14	6	31	0	28	14095	14095	0
	15	61	69	550	27	14095	13545	0
	16	6	34	0	26	13545	13545	0
	17	33	1	446	25	13545	13099	0
	18	24	98	732	24	13099	12367	0
	19	59	64	421	23	12367	11946	0
	20	88	13	623	22	11946	11323	0
	21	93	3	726	21	11323	10597	0
	22	91	66	580	20	10597	10017	0
	23	6	94	0	19	10017	10017	0
	24	76	76	656	18	10017	9361	0
	25	80	86	824	17	9361	8537	0
	26	19	100	0	16	8537	8537	0
	27	44	35	612	15	8537	7925	0
	28	59	9	421	14	7925	7504	0
	29	15	17	0	13	7504	7504	0
	30	9	16	0	12	7504	7504	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
Mei	1	10	36	0	11	7504	7504	0
	2	17	1	0	10	7504	7504	0
	3	71	39	719	9	7504	6785	0
	4	84	94	640	8	6785	6145	0
	5	29	7	749	7	6145	5396	0
	6	97	69	430	6	5396	4966	0
	7	50	81	552	5	4966	4414	0
	8	26	73	732	4	4414	3682	0
	9	28	80	809	3	3682	2873	0
	10	56	61	701	2	2873	2172	0
	11	21	27	0	1	2172	2172	0
	12	49	86	601	Pesanan Diterima	47172	46571	0
	13	90	61	637	0	46571	45934	0
	14	15	35	0	0	45934	45934	0
	15	95	71	747	0	45934	45187	0
	16	67	18	440	0	45187	44747	0
	17	50	90	552	0	44747	44195	0
	18	66	45	591	0	44195	43604	0
	19	21	31	0	0	43604	43604	0
	20	30	84	871	0	43604	42733	0
	21	81	3	603	0	42733	42130	0
	22	49	89	601	0	42130	41529	0
	23	75	80	656	0	41529	40873	0
	24	36	37	599	0	40873	40274	0
	25	20	68	0	0	40274	40274	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
Juni	26	79	64	753	0	40274	39521	0
	27	13	27	0	0	39521	39521	0
	28	15	96	0	0	39521	39521	0
	29	67	20	440	0	39521	39081	0
	30	58	48	745	0	39081	38336	0
	1	55	46	555	0	38336	37781	0
	2	55	6	555	0	37781	37226	0
	3	66	100	591	0	37226	36635	0
	4	25	22	732	0	36635	35903	0
	5	31	47	765	0	35903	35138	0
	6	63	30	668	0	35138	34470	0
	7	15	35	0	0	34470	34470	0
	8	75	8	656	0	34470	33814	0
	9	55	31	555	0	33814	33259	0
	10	20	18	0	0	33259	33259	0
	11	39	92	599	0	33259	32660	0
	12	95	53	747	0	32660	31913	0
	13	39	5	599	0	31913	31314	0
	14	50	75	552	0	31314	30762	0
	15	65	17	547	0	30762	30215	0
16	22	9	610	0	30215	29605	0	
17	49	23	601	0	29605	29004	0	
18	52	75	552	0	29004	28452	0	
19	29	35	749	0	28452	27703	0	
20	59	12	421	0	27703	27282	0	

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
	21	3	92	0	0	27282	27282	0
	22	32	78	716	0	27282	26566	0
	23	70	36	635	0	26566	25931	0
	24	7	24	0	0	25931	25931	0
	25	58	38	745	0	25931	25186	0
	26	78	36	521	0	25186	24665	0
	27	12	11	0	0	24665	24665	0
	28	59	86	421	0	24665	24244	0
	29	56	60	701	0	24244	23543	0
	30	45	89	740	0	23543	22803	0
	31	15	88	0	0	22803	22803	0
Juli	1	82	19	593	0	22803	22210	0
	2	58	2	745	0	22210	21465	0
	3	3	13	0	0	21465	21465	0
	4	62	51	423	0	21465	21042	0
	5	80	69	824	0	21042	20218	0
	6	9	8	0	0	20218	20218	0
	7	74	66	694	0	20218	19524	0
	8	82	86	593	0	19524	18931	0
	9	10	71	0	0	18931	18931	0
	10	5	54	0	0	18931	18931	0
	11	41	12	665	0	18931	18266	0
	12	74	51	694	0	18266	17572	0
	13	18	59	0	0	17572	17572	0
	14	99	43	594	0	17572	16978	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
	15	29	86	749	28	16978	16229	0
	16	39	100	599	27	16229	15630	0
	17	98	80	639	26	15630	14991	0
	18	49	24	601	25	14991	14390	0
	19	63	11	668	24	14390	13722	0
	20	56	33	701	23	13722	13021	0
	21	52	38	552	22	13021	12469	0
	22	13	52	0	21	12469	12469	0
	23	69	94	596	20	12469	11873	0
	24	66	30	591	19	11873	11282	0
	25	70	28	635	18	11282	10647	0
	26	73	90	582	17	10647	10065	0
	27	60	91	534	16	10065	9531	0
	28	84	15	640	15	9531	8891	0
	29	59	95	421	14	8891	8470	0
	30	69	9	596	13	8470	7874	0
Total				22466	Rata-Rata	23223	23223	0

4.1.5 Hasil Simulasi Monte Carlo untuk Skenario 1

Tabel 4.7 menunjukkan simulasi dengan Monte Carlo untuk Skenario 1 setelah dilakukan penerapan hasil perhitungan menggunakan metode Min Max untuk 7 bulan ke depan dimulai Januari – Juli 2021.

Tabel 4.7 Hasil Simulasi Monte Carlo untuk Model Skenario 1

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN <i>Leadtime</i>	Permintaan	<i>Leadtime</i>	Inventory	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i>	<i>Stockout</i>
Januari	1	70	1	635	0	23499	22864	0
	2	4	43	0	0	22864	22864	0
	3	84	37	640	0	22864	22224	0
	4	1	68	0	0	22224	22224	0
	5	38	82	599	0	22224	21625	0
	6	31	55	765	0	21625	20860	0
	7	43	3	826	0	20860	20034	0
	8	98	50	639	0	20034	19395	0
	9	49	75	601	28	19395	18794	0
	10	7	12	0	27	18794	18794	0
	11	35	89	645	26	18794	18149	0
	12	58	13	745	25	18149	17404	0
	13	85	71	640	24	17404	16764	0
	14	88	37	623	23	16764	16141	0
	15	43	77	826	22	16141	15315	0
	16	32	36	716	21	15315	14599	0
	17	71	31	719	20	14599	13880	0
	18	92	73	726	19	13880	13154	0
	19	46	36	740	18	13154	12414	0
	20	79	78	753	17	12414	11661	0
	21	54	69	422	16	11661	11239	0
	22	28	25	809	15	11239	10430	0
	23	55	97	555	14	10430	9875	0
	24	4	1	0	13	9875	9875	0
	25	36	80	599	12	9875	9276	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN <i>Leadtime</i>	Permintaan	<i>Leadtime</i>	Inventory	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i>	<i>Stockout</i>
	26	79	84	753	11	9276	8523	0
	27	39	96	599	10	8523	7924	0
	28	9	47	0	9	7924	7924	0
	29	69	19	596	8	7924	7328	0
	30	69	96	596	7	7328	6732	0
	31		60	0	6	6732	6732	0
Februari	1	79	63	753	5	6732	5979	0
	2	82	42	593	4	5979	5386	0
	3	57	65	595	3	5386	4791	0
	4	31	64	765	2	4791	4026	0
	5	14	89	0	1	4026	4026	0
	6	18	31	0	Pesanan Diterima	34016	34016	0
	7	55	41	555	0	34016	33461	0
	8	97	93	430	0	33461	33031	0
	9	45	74	740	0	33031	32291	0
	10	84	23	640	0	32291	31651	0
	11	49	92	601	0	31651	31050	0
	12	58	22	745	0	31050	30305	0
	13	73	81	582	0	30305	29723	0
	14	79	97	753	0	29723	28970	0
	15	77	62	576	0	28970	28394	0
	16	94	7	726	0	28394	27668	0
	17	18	38	0	0	27668	27668	0
	18	70	88	635	0	27668	27033	0
	19	90	19	637	0	27033	26396	0
	20	93	29	726	0	26396	25670	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN <i>Leadtime</i>	Permintaan	<i>Leadtime</i>	Inventory	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i>	<i>Stockout</i>
	21	66	28	591	0	25670	25079	0
	22	75	18	656	0	25079	24423	0
	23	26	86	732	0	24423	23691	0
	24	63	85	668	0	23691	23023	0
	25	88	26	623	0	23023	22400	0
	26	75	76	656	0	22400	21744	0
	27	84	40	640	0	21744	21104	0
	28	31	15	765	0	21104	20339	0
Maret	1	79	13	753	0	20339	19586	0
	2	85	4	640	26	19586	18946	0
	3	74	5	694	25	18946	18252	0
	4	76	11	656	24	18252	17596	0
	5	33	37	446	23	17596	17150	0
	6	39	47	599	22	17150	16551	0
	7	63	65	668	21	16551	15883	0
	8	89	91	623	20	15883	15260	0
	9	66	60	591	19	15260	14669	0
	10	20	89	0	18	14669	14669	0
	11	69	46	596	17	14669	14073	0
	12	69	81	596	16	14073	13477	0
	13	24	55	732	15	13477	12745	0
	14	81	39	603	14	12745	12142	0
	15	85	24	640	13	12142	11502	0
	16	80	62	824	12	11502	10678	0
	17	78	20	521	11	10678	10157	0
	18	76	26	656	10	10157	9501	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
	19	96	7	649	9	9501	8852	0
	20	21	49	0	8	8852	8852	0
	21	8	39	0	7	8852	8852	0
	22	66	30	591	6	8852	8261	0
	23	29	48	749	5	8261	7512	0
	24	79	43	753	4	7512	6759	0
	25	21	48	0	3	6759	6759	0
	26	50	22	552	2	6759	6207	0
	27	72	77	683	1	6207	5524	0
	28	100	53	778	Pesanan Diterima	35514	34736	0
	29	32	10	716	0	34736	34020	0
	30	77	46	576	0	34020	33444	0
	31	9	76	0	0	33444	33444	0
April	1	98	28	639	0	33444	32805	0
	2	18	70	0	0	32805	32805	0
	3	75	56	656	0	32805	32149	0
	4	21	17	0	0	32149	32149	0
	5	49	10	601	0	32149	31548	0
	6	13	12	0	0	31548	31548	0
	7	99	23	594	0	31548	30954	0
	8	16	24	0	0	30954	30954	0
	9	72	44	683	0	30954	30271	0
	10	79	47	753	0	30271	29518	0
	11	91	88	580	0	29518	28938	0
	12	32	99	716	0	28938	28222	0
	13	67	86	440	0	28222	27782	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN <i>Leadtime</i>	Permintaan	<i>Leadtime</i>	Inventory	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i>	<i>Stockout</i>
	14	6	31	0	0	27782	27782	0
	15	61	69	550	0	27782	27232	0
	16	6	34	0	0	27232	27232	0
	17	33	1	446	0	27232	26786	0
	18	24	98	732	0	26786	26054	0
	19	59	64	421	0	26054	25633	0
	20	88	13	623	0	25633	25010	0
	21	93	3	726	0	25010	24284	0
	22	91	66	580	0	24284	23704	0
	23	6	94	0	0	23704	23704	0
	24	76	76	656	0	23704	23048	0
	25	80	86	824	0	23048	22224	0
	26	19	100	0	0	22224	22224	0
	27	44	35	612	0	22224	21612	0
	28	59	9	421	0	21612	21191	0
	29	15	17	0	0	21191	21191	0
	30	9	16	0	0	21191	21191	0
Mei	1	10	36	0	0	21191	21191	0
	2	17	1	0	0	21191	21191	0
	3	71	39	719	0	21191	20472	0
	4	84	94	640	0	20472	19832	0
	5	29	7	749	0	19832	19083	0
	6	97	69	430	33	19083	18653	0
	7	50	81	552	32	18653	18101	0
	8	26	73	732	31	18101	17369	0
	9	28	80	809	30	17369	16560	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN <i>Leadtime</i>	Permintaan	<i>Leadtime</i>	Inventory	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i>	<i>Stockout</i>
	10	56	61	701	29	16560	15859	0
	11	21	27	0	28	15859	15859	0
	12	49	86	601	27	15859	15258	0
	13	90	61	637	26	15258	14621	0
	14	15	35	0	25	14621	14621	0
	15	95	71	747	24	14621	13874	0
	16	67	18	440	23	13874	13434	0
	17	50	90	552	22	13434	12882	0
	18	66	45	591	21	12882	12291	0
	19	21	31	0	20	12291	12291	0
	20	30	84	871	19	12291	11420	0
	21	81	3	603	18	11420	10817	0
	22	49	89	601	17	10817	10216	0
	23	75	80	656	16	10216	9560	0
	24	36	37	599	15	9560	8961	0
	25	20	68	0	14	8961	8961	0
	26	79	64	753	13	8961	8208	0
	27	13	27	0	12	8208	8208	0
	28	15	96	0	11	8208	8208	0
	29	67	20	440	10	8208	7768	0
	30	58	48	745	9	7768	7023	0
Juni	1	55	46	555	8	7023	6468	0
	2	55	6	555	7	6468	5913	0
	3	66	100	591	6	5913	5322	0
	4	25	22	732	5	5322	4590	0
	5	31	47	765	4	4590	3825	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
	6	63	30	668	3	3825	3157	0
	7	15	35	0	2	3157	3157	0
	8	75	8	656	1	3157	2501	0
	9	55	31	555	Pesanan Diterima	32491	31936	0
	10	20	18	0	0	31936	31936	0
	11	39	92	599	0	31936	31337	0
	12	95	53	747	0	31337	30590	0
	13	39	5	599	0	30590	29991	0
	14	50	75	552	0	29991	29439	0
	15	65	17	547	0	29439	28892	0
	16	22	9	610	0	28892	28282	0
	17	49	23	601	0	28282	27681	0
	18	52	75	552	0	27681	27129	0
	19	29	35	749	0	27129	26380	0
	20	59	12	421	0	26380	25959	0
	21	3	92	0	0	25959	25959	0
	22	32	78	716	0	25959	25243	0
	23	70	36	635	0	25243	24608	0
	24	7	24	0	0	24608	24608	0
	25	58	38	745	0	24608	23863	0
	26	78	36	521	0	23863	23342	0
	27	12	11	0	0	23342	23342	0
	28	59	86	421	0	23342	22921	0
	29	56	60	701	0	22921	22220	0
	30	45	89	740	0	22220	21480	0
	1	15	88	0	0	21480	21480	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN <i>Leadtime</i>	Permintaan	<i>Leadtime</i>	Inventory	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i>	<i>Stockout</i>
Juli	2	82	19	593	0	21480	20887	0
	3	58	2	745	0	20887	20142	0
	4	3	13	0	0	20142	20142	0
	5	62	51	423	0	20142	19719	0
	6	80	69	824	0	19719	18895	0
	7	9	8	0	26	18895	18895	0
	8	74	66	694	25	18895	18201	0
	9	82	86	593	24	18201	17608	0
	10	10	71	0	23	17608	17608	0
	11	5	54	0	22	17608	17608	0
	12	41	12	665	21	17608	16943	0
	13	74	51	694	20	16943	16249	0
	14	18	59	0	19	16249	16249	0
	15	99	43	594	18	16249	15655	0
	16	29	86	749	17	15655	14906	0
	17	39	100	599	16	14906	14307	0
	18	98	80	639	15	14307	13668	0
	19	49	24	601	14	13668	13067	0
	20	63	11	668	13	13067	12399	0
	21	56	33	701	12	12399	11698	0
	22	52	38	552	11	11698	11146	0
	23	13	52	0	10	11146	11146	0
	24	69	94	596	9	11146	10550	0
	25	66	30	591	8	10550	9959	0
	26	70	28	635	7	9959	9324	0
	27	73	90	582	6	9324	8742	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN <i>Leadtime</i>	Permintaan	<i>Leadtime</i>	Inventory	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i>	<i>Stockout</i>
	28	60	91	534	5	8742	8208	0
	29	84	15	640	4	8208	7568	0
	30	59	95	421	3	7568	7147	0
	31	69	9	596	2	7147	6551	0
Total				22466	Rata-Rata		18321	0

4.1.6 Hasil Simulasi Monte Carlo untuk Skenario 2

Tabel 4.8 menunjukkan simulasi dengan Monte Carlo untuk Skenario 2 setelah dilakukan penerapan hasil perhitungan menggunakan metode EOQ untuk 7 bulan ke depan dimulai Januari – Juli 2021.

Tabel 4.8 Hasil Simulasi Monte Carlo untuk Model Skenario 2

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN <i>Leadtime</i>	Permintaan	<i>Leadtime</i>	Inventory	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i>	<i>Stockout</i>
Januari	1	70	1	635	0	23499	22864	0
	2	4	43	0	0	22864	22864	0
	3	84	37	640	0	22864	22224	0
	4	1	68	0	0	22224	22224	0
	5	38	82	599	0	22224	21625	0
	6	31	55	765	0	21625	20860	0
	7	43	3	826	0	20860	20034	0
	8	98	50	639	0	20034	19395	0
	9	49	75	601	28	19395	18794	0
	10	7	12	0	27	18794	18794	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN <i>Leadtime</i>	Permintaan	<i>Leadtime</i>	Inventory	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i>	<i>Stockout</i>
	11	35	89	645	26	18794	18149	0
	12	58	13	745	25	18149	17404	0
	13	85	71	640	24	17404	16764	0
	14	88	37	623	23	16764	16141	0
	15	43	77	826	22	16141	15315	0
	16	32	36	716	21	15315	14599	0
	17	71	31	719	20	14599	13880	0
	18	92	73	726	19	13880	13154	0
	19	46	36	740	18	13154	12414	0
	20	79	78	753	17	12414	11661	0
	21	54	69	422	16	11661	11239	0
	22	28	25	809	15	11239	10430	0
	23	55	97	555	14	10430	9875	0
	24	4	1	0	13	9875	9875	0
	25	36	80	599	12	9875	9276	0
	26	79	84	753	11	9276	8523	0
	27	39	96	599	10	8523	7924	0
	28	9	47	0	9	7924	7924	0
	29	69	19	596	8	7924	7328	0
	30	69	96	596	7	7328	6732	0
	31	17	60	0	6	6732	6732	0
Februari	1	79	63	753	13	9875	9122	0
	2	82	42	593	12	9122	8529	0
	3	57	65	595	11	8529	7934	0
	4	31	64	765	10	7934	7169	0
	5	14	89	0	9	7169	7169	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
	6	18	31	0	8	7169	7169	0
	7	55	41	555	7	7169	6614	0
	8	97	93	430	6	6614	6184	0
	9	45	74	740	5	6184	5444	0
	10	84	23	640	4	5444	4804	0
	11	49	92	601	3	4804	4203	0
	12	58	22	745	2	4203	3458	0
	13	73	81	582	1	3458	2876	0
	14	79	97	753	Pesanan Diterima	17112	16359	0
	15	77	62	576	33	16359	15783	0
	16	94	7	726	32	15783	15057	0
	17	18	38	0	31	15057	15057	0
	18	70	88	635	30	15057	14422	0
	19	90	19		29	14422	14422	0
	20	93	29	726	28	14422	13696	0
	21	66	28	591	27	13696	13105	0
	22	75	18	656	26	13105	12449	0
	23	26	86	732	25	12449	11717	0
	24	63	85	668	24	11717	11049	0
	25	88	26	623	23	11049	10426	0
	26	75	76		22	10426	10426	0
	27	84	40	640	21	10426	9786	0
	28	31	15	765	20	9786	9021	0
Maret	1	79	13	753	19	9021	8268	0
	2	85	4	640	18	8268	7628	0
	3	74	5	694	17	7628	6934	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
	4	76	11	656	16	6934	6278	0
	5	33	37	446	15	6278	5832	0
	6	39	47	599	14	5832	5233	0
	7	63	65	668	13	5233	4565	0
	8	89	91	623	12	4565	3942	0
	9	66	60	591	11	3942	3351	0
	10	20	89	0	10	3351	3351	0
	11	69	46	596	9	3351	2755	0
	12	69	81	596	8	2755	2159	0
	13	24	55	732	7	2159	1427	0
	14	81	39	603	6	1427	824	0
	15	85	24	640	5	824	184	0
	16	80	62	824	4	184	0	640
	17	78	20	521	3	0	0	521
	18	76	26	656	2	0	0	656
	19	96	7	649	1	0	0	649
	20	21	49	0	Pesanan Diterima	1427	1427	0
	21	8	39	0	29	1427	1427	0
	22	66	30	591	28	1427	836	0
	23	29	48	749	27	836	87	0
	24	79	43	753	26	87	0	666
	25	21	48	0	25	0	0	0
	26	50	22	552	24	0	0	552
	27	72	77	683	23	0	0	683
	28	100	53	778	22	0	0	778
	29	32	10	716	21	0	0	716

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN <i>Leadtime</i>	Permintaan	<i>Leadtime</i>	Inventory	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i>	<i>Stockout</i>
	30	77	46	576	20	87	0	489
	31	9	76	0	19	0	0	0
April	1	98	28	639	18	0	0	639
	2	18	70	0	17	0	0	0
	3	75	56	656	16	0	0	656
	4	21	17	0	15	0	0	0
	5	49	10	601	14	0	0	601
	6	13	12	0	13	0	0	0
	7	99	23	594	12	0	0	594
	8	16	24	0	11	0	0	0
	9	72	44	683	10	0	0	683
	10	79	47	753	9	0	0	753
	11	91	88	580	8	0	0	580
	12	32	99	716	7	0	0	716
	13	67	86	440	6	0	0	440
	14	6	31	0	5	0	0	0
	15	61	69	550	4	0	0	550
	16	6	34	0	3	0	0	0
	17	33	1	446	2	0	0	446
	18	24	98	732	1	0	0	732
	19	59	64	421	Pesanan Diterima	14236	13815	0
	20	88	13	623	26	13815	13192	0
	21	93	3	726	25	13192	12466	0
	22	91	66	580	24	12466	11886	0
	23	6	94	0	23	11886	11886	0
	24	76	76	656	22	11886	11230	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN <i>Leadtime</i>	Permintaan	<i>Leadtime</i>	Inventory	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i>	<i>Stockout</i>
Mei	25	80	86	824	21	11230	10406	0
	26	19	100	0	20	10406	10406	0
	27	44	35	612	19	10406	9794	0
	28	59	9	421	18	9794	9373	0
	29	15	17	0	17	9373	9373	0
	30	9	16	0	16	9373	9373	0
	1	10	36	0	15	9373	9373	0
	2	17	1	0	14	9373	9373	0
	3	71	39	719	13	9373	8654	0
	4	84	94	640	12	8654	8014	0
	5	29	7	749	11	8014	7265	0
	6	97	69	430	10	7265	6835	0
	7	50	81	552	9	6835	6283	0
	8	26	73	732	8	6283	5551	0
	9	28	80	809	7	5551	4742	0
	10	56	61	701	6	4742	4041	0
	11	21	27	0	5	4041	4041	0
	12	49	86	601	4	4041	3440	0
	13	90	61	637	3	3440	2803	0
	14	15	35	0	2	2803	2803	0
15	95	71	747	1	2803	2056	0	
16	67	18	440	Pesanan Diterima	16292	15852	0	
17	50	90	552	31	15852	15300	0	
18	66	45	591	30	15300	14709	0	
19	21	31	0	29	14709	14709	0	
20	30	84	871	28	14709	13838	0	

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN <i>Leadtime</i>	Permintaan	<i>Leadtime</i>	Inventory	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i>	<i>Stockout</i>
	21	81	3	603	27	13838	13235	0
	22	49	89	601	26	13235	12634	0
	23	75	80	656	25	12634	11978	0
	24	36	37	599	24	11978	11379	0
	25	20	68	0	23	11379	11379	0
	26	79	64	753	22	11379	10626	0
	27	13	27	0	21	10626	10626	0
	28	15	96	0	20	10626	10626	0
	29	67	20	440	19	10626	10186	0
	30	58	48	745	18	10186	9441	0
Juni	1	55	46	555	17	9441	8886	0
	2	55	6	555	16	8886	8331	0
	3	66	100	591	15	8331	7740	0
	4	25	22	732	14	7740	7008	0
	5	31	47	765	13	7008	6243	0
	6	63	30	668	12	6243	5575	0
	7	15	35	0	11	5575	5575	0
	8	75	8	656	10	5575	4919	0
	9	55	31	555	9	4919	4364	0
	10	20	18	0	8	4364	4364	0
	11	39	92	599	7	4364	3765	0
	12	95	53	747	6	3765	3018	0
	13	39	5	599	5	3018	2419	0
	14	50	75	552	4	2419	1867	0
	15	65	17	547	3	1867	1320	0
	16	22	9	610	2	1320	710	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
	17	49	23	601	1	710	109	0
	18	52	75	552	Pesanan Diterima	14345	13793	0
	19	29	35	749	29	13793	13044	0
	20	59	12	421	28	13044	12623	0
	21	3	92	0	27	12623	12623	0
	22	32	78	716	26	12623	11907	0
	23	70	36	635	25	11907	11272	0
	24	7	24	0	24	11272	11272	0
	25	58	38	745	23	11272	10527	0
	26	78	36	521	22	10527	10006	0
	27	12	11	0	21	10006	10006	0
	28	59	86	421	20	10006	9585	0
	29	56	60	701	19	9585	8884	0
	30	45	89	740	18	8884	8144	0
	31	15	88	0	17	8144	8144	0
Juli	1	82	19	593	16	8144	7551	0
	2	58	2	745	15	7551	6806	0
	3	3	13	0	14	6806	6806	0
	4	62	51	423	13	6806	6383	0
	5	80	69	824	12	6383	5559	0
	6	9	8	0	11	5559	5559	0
	7	74	66	694	10	5559	4865	0
	8	82	86	593	9	4865	4272	0
	9	10	71	0	8	4272	4272	0
	10	5	54	0	7	4272	4272	0
	11	41	12	665	6	4272	3607	0

Bulan	Hari	RN Permintaan	RN Leadtime	Permintaan	Leadtime	Inventory	Inv. Akhir/ Overstock	Stockout
	12	74	51	694	5	3607	2913	0
	13	18	59	0	4	2913	2913	0
	14	99	43	594	3	2913	2319	0
	15	29	86	749	2	2319	1570	0
	16	39	100	599	1	1570	971	0
	17	98	80	639	Pesanan Diterima	15207	14568	0
	18	49	24	601	29	14568	13967	0
	19	63	11	668	28	13967	13299	0
	20	56	33	701	27	13299	12598	0
	21	52	38	552	26	12598	12046	0
	22	13	52	0	25	12046	12046	0
	23	69	94	596	24	13967	13371	0
	24	66	30	591	23	13371	12780	0
	25	70	28	635	22	12780	12145	0
	26	73	90	582	21	12145	11563	0
	27	60	91	534	20	11563	11029	0
	28	84	15	640	19	11029	10389	0
	29	59	95	421	18	12780	12359	0
	30	69	9	596	17	12359	11763	0
Total				22466	Rata-Rata		7927	11702

4.1.7 Perbandingan Hasil Simulasi Model Awal dan Model Skenario

Perbandingan hasil 30 replikasi dari rata-rata stok akhir/*overstock* pada model awal dan model skenario penerapan metode Min Max dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Replikasi

Replikasi	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i> (Ton/Hari)			Replikasi	Inv. Akhir/ <i>Overstock</i> (Ton/Hari)		
	Awal	Skenario 1	Skenario 2		Awal	Skenario 1	Skenario 2
1	23170	15476	10976	16	23138	18273	9020
2	23157	16429	9352	17	24163	15482	12644
3	22892	16341	9384	18	24449	16246	11005
4	22827	17926	12321	19	23117	15876	8891
5	23669	17123	12485	20	24037	15724	9711
6	23949	16905	8616	21	21992	18793	11373
7	22132	15475	11929	22	24228	16667	8949
8	25483	17116	11728	23	25606	15550	10923
9	21871	18167	10290	24	25071	16959	13086
10	23041	16978	10796	25	24368	15478	10744
11	25227	17388	11309	26	24011	16016	10592
12	24268	15726	11405	27	24712	16294	12182
13	23507	18336	8434	28	24196	17985	10288
14	22911	16169	11166	29	23031	18594	8992
15	23666	15668	8988	30	25592	15521	9775
		Rata-Rata			23783	16689	10578

Besarnya biaya penyimpanan batu bara ditetapkan oleh perusahaan sebesar 10% dari nilai persediaan. Perhitungan biaya penyimpanan model awal dan skenario ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Biaya Penyimpanan

	% Biaya Simpan	Harga Per Ton (Rp)	Biaya Penyimpanan (Rp)	Total Biaya Penyimpanan (Rp)
Model Awal	10%	900.000	90.000	2.140.470.000
Skenario 1	10%	900.000	90.000	1.502.010.000
Skenario 2	10%	900.000	90.000	952.020.000

4.1.8 Pemilihan Skenario Terbaik

Berikut hasil perhitungan skenario terbaik menggunakan uji Bonfferoni:

Diketahui:

Ho diterima artinya tidak terdapat perbedaan rata-rata *output* antara model dengan skenario

Tabel 4.11 Model Awal vs Skenario 1

	Awal	Skenario 1
Mean	23782,7	16075,56667
Variance	1057743,666	914311,0816
Observations	30	30
Pooled Variance	986027,3736	
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	58	
t Stat	30,06034883	
P(T<=t) one-tail	2,30473E-37	
t Critical one-tail	1,671552762	
P(T<=t) two-tail	4,60946E-37	
t Critical two-tail	2,001717484	
HO ditolak		

Tabel 4.12 Model Awal vs Skenario 2

	Awal	Skenario 2
Mean	23782,7	10578,43202
Variance	1057743,666	1779037,99
Observations	30	30
Pooled Variance	1418390,828	
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	58	
t Stat	42,93999626	
P(T<=t) one-tail	5,85015E-46	

	Awal	Skenario 2
t Critical one-tail	1,671552762	
P(T<=t) two-tail	1,17003E-45	
t Critical two-tail	2,001717484	
Ho Ditolak		

Tabel 4.13 Skenario 1 vs Skenario 2

	Skenario 1	Skenario 2
Mean	16075,56667	10578,43202
Variance	914311,0816	1779037,99
Observations	30	30
Pooled Variance	1346674,536	
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	58	
t Stat	18,34639249	
P(T<=t) one-tail	3,99742E-26	
t Critical one-tail	1,671552762	
P(T<=t) two-tail	7,99484E-26	
t Critical two-tail	2,001717484	
Ho Ditolak		

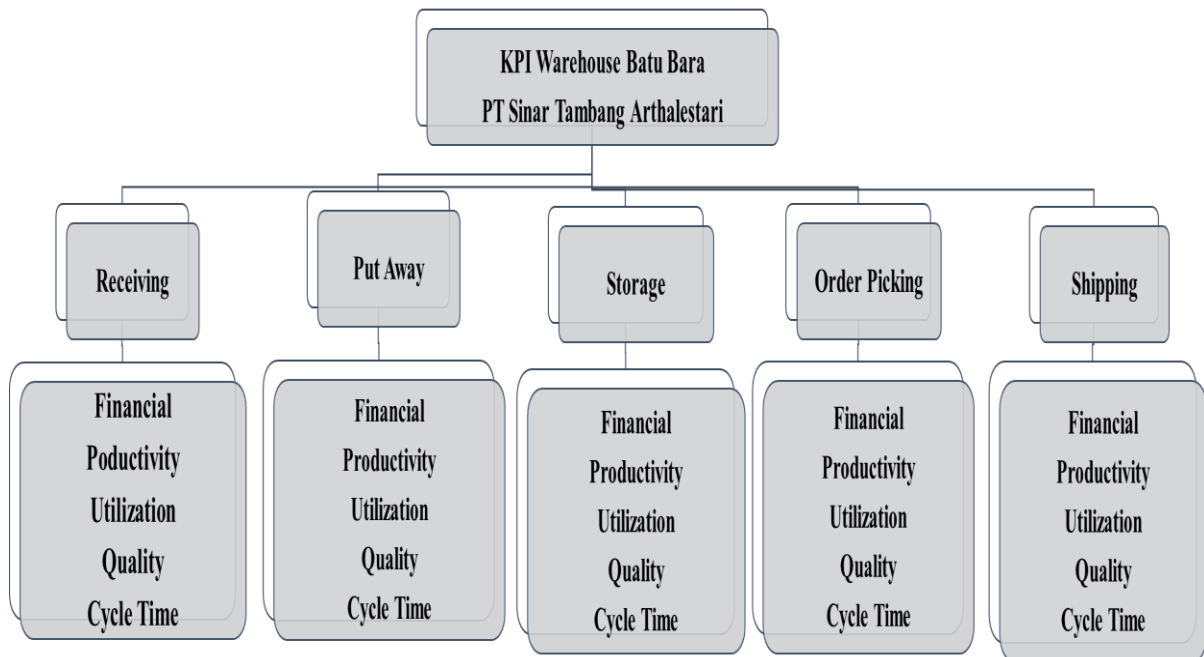
Hasil pemelihan skenario menggunakan Uji Bonfferoni menunjukkan bahwa Ho Ditolak pada ketiga perbandingan.

4.2 Pengukuran Kinerja Gudang

Berikut adalah hasil pengumpulan dan pengolahan data untuk mengukur kinerja gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari:

4.2.1 Identifikasi *Key Performance Indicator* (KPI) Kinerja Gudang Batu Bara

Dalam perancangan KPI untuk peningkatan kinerja gudang, Langkah pertama adalah melakukan identifikasi terhadap hal apa saja yang dilakukan di gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari. Adapun yang menjadi kegiatan rutin di gudang ada 5 jenis kegiatan utama yaitu *receiving* (penerimaan), *put away* (penempatan), *storage* (penyimpanan), *order picking* (pengambilan) dan *shipping* (pengiriman). Gambar 4.1 menunjukkan identifikasi KPI gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari.



Gambar 4.2. Identifikasi KPI Gudang Batu Bara

4.2.2 Pembobotan KPI

Tahap selanjutnya adalah melakukan pembobotan KPI dengan berdasarkan kriteria dan indikator pada Tabel 2.1. Pembobotan KPI didasari dari kuesioner yang berisi penilaian tingkat kepentingan tiap nilai KPI yang mempengaruhi kondisi kinerja gudang batu bara PT

Sinar Tambang Arthalestari. Kuesioner tersebut disebarikan kepada *expert* yang berkompeten di perusahaan, khususnya dalam hal gudang batu bara.

4.2.2.1 Pembobotan antar Kriteria Kepentingan pada Proses Warehouse

Langkah pertama pembobotan KPI adalah menghitung tingkat kepentingan antar kriteria pada proses *warehouse* (*Receiving*, *Put Away*, *Storage*, *Order Picking*, dan *Shipping*) berdasarkan matriks perbandingan berpasangan dengan menggunakan *software Microsoft Excel*.

Tabel 4.14 Matriks Perbandingan Berpasangan antar Kepentingan pada Kriteria pada Proses Warehouse

Proses	<i>Receiving</i>	<i>Put Away</i>	<i>Storage</i>	<i>Order Picking</i>	<i>Shipping</i>
<i>Receiving</i>	1,000	5,000	0,500	3,000	3,000
<i>Put Away</i>	0,200	1,000	0,143	0,500	0,333
<i>Storage</i>	3,000	7,000	1,000	7,000	3,000
<i>Order Picking</i>	0,333	2,000	0,143	1,000	0,333
<i>Shipping</i>	0,333	3,000	0,333	3,000	1,000
Total	4,867	18,000	2,119	14,500	7,667

Selanjutnya dilakukan normalisasi dan perhitungan Eigen Maks, di mana hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan Tabel 4.16.

Tabel 4.15 Hasil Normalisasi Antar Proses dan Jumlah Bobot Prioritas

Proses	<i>Receiving</i>	<i>Put Away</i>	<i>Storage</i>	<i>Order Picking</i>	<i>Shipping</i>	Jumlah	Bobot Prioritas
<i>Receiving</i>	0,205	0,278	0,236	0,207	0,391	1,317	0,263
<i>Put Away</i>	0,041	0,056	0,067	0,034	0,043	0,242	0,048
<i>Storage</i>	0,616	0,389	0,472	0,483	0,391	2,351	0,470
<i>Order Picking</i>	0,068	0,111	0,067	0,069	0,043	0,359	0,072
<i>Shipping</i>	0,068	0,167	0,157	0,207	0,130	0,730	0,146
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	5,000	1,000

Tabel 4.16 Total Penjumlahan Baris Tiap Proses

Proses	<i>Receiving</i>	<i>Put Away</i>	<i>Storage</i>	<i>Order Picking</i>	<i>Shipping</i>	Jumlah
<i>Receiving</i>	0,263	0,242	0,235	0,216	0,438	1,394
<i>Put Away</i>	0,053	0,048	0,067	0,036	0,049	0,253
<i>Storage</i>	0,790	0,339	0,470	0,503	0,438	2,541
<i>Order Picking</i>	0,088	0,097	0,067	0,072	0,049	0,372
<i>Shipping</i>	0,088	0,145	0,157	0,216	0,146	0,751

Dengan menggunakan persamaan (2.1), hasil perhitungan λ dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Lamda untuk Proses

Proses	Penjumlahan Baris Eigen Maks	Bobot Prioritas	Lamda
<i>Receiving</i>	1,394	0,263	5,291
<i>Put Away</i>	0,253	0,048	5,224
<i>Storage</i>	2,541	0,470	5,403
<i>Order Picking</i>	0,372	0,072	5,179
<i>Shipping</i>	0,751	0,146	5,148
Total		1,00	26,246

Dengan menggunakan persamaan (2.2), hasil perhitungan Lamda Max adalah sebagai berikut:

$$\Lambda_{\text{maks}} = \frac{26,246}{5} = 5,249$$

Dengan menggunakan persamaan (2.3) maka perhitungan indeks konsistensi (CI) adalah sebagai berikut:

$$CI = \frac{\Lambda_{\text{maks}} - n}{n - 1} = \frac{5,249 - 5}{5 - 1} = 0,062$$

Dengan nilai indeks random (RI) sesuai dengan Tabel 2.4 yakni untuk ukuran matriks 5 adalah 1,12 maka nilai konsistensi rasio (CT) adalah sebagai berikut:

$$CR = \frac{0,062}{1,12} = 0,056$$

Tabel 4.18 Bobot setiap Kepentingan Proses dan Nilai CR

Proses	Bobot Prioritas	CR
<i>Receiving</i>	0,263	
<i>Put Away</i>	0,048	
<i>Storage</i>	0,470	0,056
<i>Order Picking</i>	0,072	
<i>Shipping</i>	0,146	

4.2.2.2 Pembobotan antar Kepentingan Warehouse untuk Setiap Indikator KPI

Langkah selanjutnya adalah pembobotan tiap tingkat kepentingan dari kriteria KPI Warehouse (*Receiving, Putaway, Storage, Order Picking dan Shipping*). Adapun tiap kriteria terdiri dari 5 (lima) indikator KPI yaitu *Financial, Productivity, Utilization, Quality, dan Cycle Time*. Pembobotan dilakukan dengan menggunakan AHP dan bantuan *software Microsoft Excel*.

1. Pembobotan Indikator KPI *Receiving*

Tabel 4.19 menunjukan matriks perbandingan perpasangan antar kriteria KPI pada proses *receiving*

.Tabel 4.19 Hasil Matriks Perbandingan Berpasangan antar KPI *Receiving*

KPI <i>Receiving</i>	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>
<i>Financial</i>	1,000	0,200	0,333	3,000	0,250
<i>Productivity</i>	5,000	1,000	2,000	5,000	0,333
<i>Utilization</i>	3,000	0,500	1,000	3,000	0,500

KPI Receiving	Financial	Productivity	Utilization	Quality	Cycle Time
Quality	0,333	0,200	0,333	1,000	0,200
Cycle Time	4,000	3,000	2,000	5,000	1,000
Total	13,333	4,900	5,667	17,000	2,283

Selanjutnya dilakukan normalisasi dan perhitungan Eigen Maks, di mana hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan Tabel 4.21.

Tabel 4.20 Hasil Normalisasi Antar Indikator KPI *Receiving* dan Jumlah Bobot Prioritas

KPI Receiving	Financial	Productivity	Utilization	Quality	Cycle Time	Jumlah	Bobot Prioritas
Financial	0,075	0,041	0,059	0,176	0,109	0,461	0,092
Productivity	0,375	0,204	0,353	0,294	0,146	1,372	0,274
Utilization	0,225	0,102	0,176	0,176	0,219	0,899	0,180
Quality	0,025	0,041	0,059	0,059	0,088	0,271	0,054
Cycle Time	0,300	0,612	0,353	0,294	0,438	1,997	0,399
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	5,000	1,000

Tabel 4.21 Total Penjumlahan Baris Tiap KPI *Receiving*

KPI Receiving	Financial	Productivity	Utilization	Quality	Cycle Time	Jumlah
Financial	0,092	0,055	0,060	0,163	0,100	0,469
Productivity	0,461	0,274	0,360	0,271	0,133	1,499
Utilization	0,276	0,137	0,180	0,163	0,200	0,956
Quality	0,031	0,055	0,060	0,054	0,080	0,280
Cycle Time	0,368	0,823	0,360	0,271	0,399	2,222

Dengan menggunakan persamaan (2.3) hasil perhitungan Lamda (Λ) dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Lamda KPI *Receiving*

KPI <i>Receiving</i>	Penjumlahan Baris Eigen Maks	Bobot Prioritas	Lamda
<i>Financial</i>	0,469	0,092	5,096
<i>Productivity</i>	1,499	0,274	5,462
<i>Utilization</i>	0,956	0,180	5,316
<i>Quality</i>	0,280	0,054	5,158
<i>Cycle Time</i>	2,222	0,399	5,562
Total		1,00	25,593

Dengan menggunakan persamaan (2.4) hasil perhitungan Lamda Max adalah sebagai berikut:

$$\Lambda_{maks} = \frac{25,593}{5} = 5,319$$

Dengan menggunakan persamaan (2.5) maka perhitungan indeks konsistensi (CI) adalah sebagai berikut:

$$CI = \frac{\Lambda_{maks} - n}{n - 1} = \frac{5,319 - 5}{5 - 1} = 0,0797$$

Dengan nilai index random (RI) sesuai dengan Tabel 2.3 yakni untuk ukuran matriks 5 adalah 1,12 dan menggunakan persamaan (2.6) maka nilai konsistensi rasio (CR) adalah sebagai berikut:

$$CR = \frac{0,0797}{1,12} = 0,071$$

Tabel 4.23 Bobot setiap Kepentingan Indikator KPI *Receiving* dan Nilai CR

KPI <i>Receiving</i>	Bobot Prioritas	CR
<i>Financial</i>	0,092	
<i>Productivity</i>	0,274	
<i>Utilization</i>	0,180	0,071
<i>Quality</i>	0,054	
<i>Cycle Time</i>	0,399	

2. Pembobotan Indikator KPI *Put Away*

Tabel 4.24 menunjukkan matriks perbandingan perpasangan antar kriteria KPI pada proses *put away*.

Tabel 4.24 Matriks Perbandingan Berpasangan antar KPI *Put Away*

KPI <i>Put Away</i>	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>
<i>Financial</i>	1,000	1,000	0,500	3,000	0,500
<i>Productivity</i>	1,000	1,000	0,500	5,000	0,500
<i>Utilization</i>	2,000	2,000	1,000	3,000	0,500
<i>Quality</i>	0,333	0,200	0,333	1,000	0,333
<i>Cycle Time</i>	2,000	2,000	2,000	3,000	1,000
Total	6,333	6,200	4,333	15,000	2,833

Selanjutnya dilakukan normalisasi dan perhitungan Eigen Maks, di mana hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.25 dan Tabel 4.26.

Tabel 4.25 Hasil Normalisasi Antar Indikator KPI *Put Away* dan Jumlah Bobot Prioritas

KPI <i>Put Away</i>	<i>Fin.</i>	<i>Prod.</i>	<i>Utilz</i>	<i>Quality</i>	<i>CT</i>	Jumlah	Bobot Prioritas
<i>Financial</i>	0,158	0,161	0,115	0,200	0,176	0,811	0,162
<i>Productivity</i>	0,158	0,161	0,115	0,333	0,176	0,944	0,189
<i>Utilization</i>	0,316	0,323	0,231	0,200	0,176	1,246	0,249
<i>Quality</i>	0,053	0,032	0,077	0,067	0,118	0,346	0,069
<i>Cycle Time</i>	0,316	0,323	0,462	0,200	0,353	1,653	0,331
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	5,000	1,000

Tabel 4.26 Total Penjumlahan Baris Tiap KPI *Put Away*

KPI <i>Put Away</i>	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	Jumlah
<i>Financial</i>	0,162	0,189	0,125	0,208	0,165	0,849
<i>Productivity</i>	0,162	0,189	0,125	0,346	0,165	0,987
<i>Utilization</i>	0,324	0,378	0,249	0,208	0,165	1,324
<i>Quality</i>	0,054	0,038	0,083	0,069	0,110	0,354
<i>Cycle Time</i>	0,324	0,378	0,498	0,208	0,331	1,739

Dengan menggunakan persamaan (2.3) hasil perhitungan Lamda (Λ) dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Hasil Perhitungan Lamda KPI *Put Away*

KPI <i>Put Away</i>	Penjumlahan Baris Eigen Maks	Bobot Prioritas	Lamda
<i>Financial</i>	0,849	0,162	5,232
<i>Productivity</i>	0,987	0,189	5,226
<i>Utilization</i>	1,324	0,249	5,316
<i>Quality</i>	0,354	0,069	5,118
<i>Cycle Time</i>	1,739	0,331	5,260
	Total	1,00	26,151

Dengan menggunakan persamaan (2.4) hasil perhitungan Lamda Max adalah sebagai berikut:

$$\Lambda_{\text{maks}} = \frac{26,151}{5} = 5,23$$

Dengan menggunakan persamaan (2.5) maka perhitungan indeks konsistensi (CI) adalah sebagai berikut:

$$CI = \frac{\Lambda_{\text{maks}} - n}{n - 1} = \frac{5,23 - 5}{5 - 1} = 0,057$$

Dengan nilai index random (RI) sesuai dengan Tabel 2.3 yakni untuk ukuran matriks 5 adalah 1,12 dan menggunakan persamaan (2.6) maka nilai konsistensi rasio (CT) adalah sebagai berikut:

$$CR = \frac{0,057}{1,12} = 0,051$$

Tabel 4.28 Bobot setiap Kepentingan Indikator *Put Away* dan Nilai CR

KPI <i>Put Away</i>	Bobot Prioritas	CR
<i>Financial</i>	0,162	
<i>Productivity</i>	0,189	
<i>Utilization</i>	0,249	0,051
<i>Quality</i>	0,069	
<i>Cycle Time</i>	0,331	

3. Pembobotan Indikator KPI *Storage*

Tabel 4.29 menunjukan matriks perbandingan perpasangan antar kriteria KPI pada proses *storage*.

Tabel 4.29 Hasil Matriks Perbandingan Berpasangan antar KPI *Storage*

KPI <i>Storage</i>	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>
<i>Financial</i>	1,000	3,000	2,000	3,000	0,500
<i>Productivity</i>	0,333	1,000	0,500	3,000	0,333
<i>Utilization</i>	0,500	2,000	1,000	3,000	0,333
<i>Quality</i>	0,333	0,333	0,333	1,000	0,200
<i>Cycle Time</i>	2,000	3,000	3,000	5,000	1,000
Total	4,167	9,333	6,833	15,000	2,367

Selanjutnya dilakukan normalisasi dan perhitungan Eigen Maks, di mana hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.30 dan Tabel 4.31.

Tabel 4.30 Hasil Normalisasi Antar Indikator KPI *Storage* dan Jumlah Bobot Prioritas

KPI <i>Storage</i>	<i>Fin.</i>	<i>Prod.</i>	<i>Utilz</i>	<i>Quality</i>	<i>CT</i>	Jumlah	Bobot Prioritas
<i>Financial</i>	0,240	0,321	0,293	0,200	0,211	1,265	0,253
<i>Productivity</i>	0,080	0,107	0,073	0,200	0,141	0,601	0,120

<i>KPI Storage</i>	<i>Fin.</i>	<i>Prod.</i>	<i>Utilz</i>	<i>Quality</i>	<i>CT</i>	Jumlah	Bobot Prioritas
<i>Utilization</i>	0,120	0,214	0,146	0,200	0,141	0,821	0,164
<i>Quality</i>	0,080	0,036	0,049	0,067	0,085	0,316	0,063
<i>Cycle Time</i>	0,480	0,321	0,439	0,333	0,423	1,996	0,399
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	5,000	1,000

Tabel 4.31 Total Penjumlahan Baris Tiap *KPI Storage*

<i>KPI Storage</i>	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>	Jumlah
<i>Financial</i>	0,253	0,361	0,329	0,189	0,200	1,331
<i>Productivity</i>	0,084	0,120	0,082	0,189	0,133	0,609
<i>Utilization</i>	0,127	0,240	0,164	0,189	0,133	0,854
<i>Quality</i>	0,084	0,040	0,055	0,063	0,080	0,322
<i>Cycle Time</i>	0,506	0,361	0,493	0,316	0,399	2,075

Dengan menggunakan persamaan (2.3) hasil perhitungan Lamda (Λ) dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Hasil Perhitungan Lamda *KPI Storage*

<i>KPI Storage</i>	Penjumlahan Baris Eigen Maks	Bobot Prioritas	Lamda
<i>Financial</i>	1,331	0,253	5,261
<i>Productivity</i>	0,609	0,120	5,067
<i>Utilization</i>	0,854	0,164	5,197
<i>Quality</i>	0,322	0,063	5,103
<i>Cycle Time</i>	2,075	0,399	5,196
Total		1,00	25,824

Dengan menggunakan persamaan (2.4) hasil perhitungan Lamda Max adalah sebagai berikut:

$$\Lambda_{maks} = \frac{25,824}{5} = 5,165$$

Dengan menggunakan persamaan (2.5) maka perhitungan indeks konsistensi (CI) adalah sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} = \frac{5,165 - 5}{5 - 1} = 0,041$$

Dengan nilai index random (RI) sesuai dengan Tabel 2.3 yakni untuk ukuran matriks 5 adalah 1,12 dan menggunakan persamaan (2.6) maka nilai konsistensi rasio (CR) adalah sebagai berikut:

$$CR = \frac{0,092}{1,12} = 0,038$$

Tabel 4.33 Bobot setiap Kepentingan Indikator KPI *Storage* dan Nilai CR

KPI <i>Storage</i>	Bobot Prioritas	CR
<i>Financial</i>	0,253	
<i>Productivity</i>	0,120	
<i>Utilization</i>	0,164	0,038
<i>Quality</i>	0,063	
<i>Cycle Time</i>	0,399	

4. Pembobotan Indikator KPI *Order Picking*

Tabel 4.34 menunjukan matriks perbandingan perpasangan antar kriteria KPI pada proses *order picking*.

Tabel 4.34 Hasil Matriks Perbandingan Berpasangan antar KPI *Order Picking*

KPI <i>Order Picking</i>	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>
<i>Financial</i>	1,000	0,200	0,500	3,000	0,500
<i>Productivity</i>	5,000	1,000	3,000	7,000	3,000
<i>Utilization</i>	2,000	0,333	1,000	2,000	0,500
<i>Quality</i>	0,333	0,143	0,500	1,000	0,200
<i>Cycle Time</i>	2,000	0,333	2,000	5,000	1,000

<i>KPI Order Picking</i>	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>
Total	10,333	2,010	7,000	18,000	5,200

Selanjutnya dilakukan normalisasi dan perhitungan Eigen Maks, di mana hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.35 dan Tabel 4.36.

Tabel 4.35 Hasil Normalisasi Antar Indikator *KPI Order Picking* dan Jumlah Bobot Prioritas

<i>KPI Order Picking</i>	<i>Financi al</i>	<i>Productiv ity</i>	<i>Utilizati on</i>	<i>Quali ty</i>	<i>Cycle Time</i>	Jumlah	Bobot Prioritas
<i>Financial</i>	0,097	0,100	0,071	0,167	0,096	0,531	0,106
<i>Productivity</i>	0,484	0,498	0,429	0,389	0,577	2,376	0,475
<i>Utilization</i>	0,194	0,166	0,143	0,111	0,096	0,710	0,142
<i>Quality</i>	0,032	0,071	0,071	0,056	0,038	0,269	0,054
<i>Cycle Time</i>	0,194	0,166	0,286	0,278	0,192	1,115	0,223
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	5,000	1,000

Tabel 4.36 Total Penjumlahan Baris Tiap *KPI Order Picking*

<i>KPI Order Picking</i>	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>CT</i>	Jumlah
<i>Financial</i>	0,106	0,095	0,071	0,161	0,112	0,545
<i>Productivity</i>	0,531	0,475	0,426	0,376	0,669	2,477
<i>Utilization</i>	0,212	0,158	0,142	0,108	0,112	0,732
<i>Quality</i>	0,035	0,068	0,071	0,054	0,045	0,273
<i>Cycle Time</i>	0,212	0,158	0,284	0,269	0,223	1,146

Dengan menggunakan persamaan (2.3) hasil perhitungan Lamda (Λ) dapat dilihat pada Tabel 4.37.

Tabel 4.37 Hasil Perhitungan Lamda *KPI Order Picking*

<i>KPI Order Picking</i>	Penjumlahan Baris Eigen Maks	Bobot Prioritas	Lamda
<i>Financial</i>	0,545	0,106	5,135

KPI Order Picking	Penjumlahan Baris Eigen Maks	Bobot Prioritas	Lamda
<i>Productivity</i>	2,477	0,475	5,213
<i>Utilization</i>	0,732	0,142	5,155
<i>Quality</i>	0,273	0,054	5,070
<i>Cycle Time</i>	1,146	0,223	5,139
Total		1,00	25,712

Dengan menggunakan persamaan (2.4) hasil perhitungan Eigen Maks adalah sebagai berikut:

$$\Lambda_{maks} = \frac{25,712}{5} = 5,337$$

Dengan menggunakan persamaan (2.5) maka perhitungan indeks konsistensi (CI) adalah sebagai berikut:

$$CI = \frac{\Lambda_{maks} - n}{n - 1} = \frac{5,337 - 5}{5 - 1} = 0,036$$

Dengan nilai index random (RI) sesuai dengan Tabel 2.3 yakni untuk ukuran matriks 5 adalah 1,12 dan menggunakan persamaan (2.6) maka nilai konsistensi rasio (CR) adalah sebagai berikut:

$$CR = \frac{0,036}{1,12} = 0,032$$

Tabel 4.38 Bobot setiap Kepentingan Indikator KPI *Order Picking* dan Nilai CR

KPI Order Picking	Bobot Prioritas	CR
<i>Financial</i>	0,106	
<i>Productivity</i>	0,475	
<i>Utilization</i>	0,142	0,032
<i>Quality</i>	0,054	
<i>Cycle Time</i>	0,223	

5. Pembobotan Indikator KPI Shipping

Tabel 4.39 menunjukkan matriks perbandingan perpasangan antar kriteria KPI pada proses *shipping*.

Tabel 4.39 Matriks Perbandingan Berpasangan antar KPI *Shipping*

KPI Storage	Financial	Productivity	Utilization	Quality	Cycle Time
Financial	1,000	0,333	0,333	3,000	0,333
Productivity	3,000	1,000	2,000	5,000	0,500
Utilization	3,000	0,500	1,000	3,000	0,333
Quality	0,333	0,200	0,333	1,000	0,200
Cycle Time	3,000	2,000	3,000	5,000	1,000
Total	10,333	4,033	6,667	17,000	2,367

Selanjutnya dilakukan normalisasi dan perhitungan Eigen Maks, di mana hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.40 dan Tabel 4.41.

Tabel 4.40 Hasil Normalisasi Antar Indikator KPI *Shipping* dan Jumlah Bobot Prioritas

KPI Shipping	Fin.	Prod.	Utilization	Quality	CT	Jumlah	Bobot Prioritas
Financial	0,097	0,083	0,050	0,176	0,141	0,547	0,109
Productivity	0,290	0,248	0,300	0,294	0,211	1,344	0,269
Utilization	0,290	0,124	0,150	0,176	0,141	0,882	0,176
Quality	0,032	0,050	0,050	0,059	0,085	0,275	0,055
Cycle Time	0,290	0,496	0,450	0,294	0,423	1,953	0,391
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	5,000	1,000

Tabel 4.41 Total Penjumlahan Tiap Baris KPI *Shipping*

KPI Shipping	Financial	Productivity	Utilization	Quality	Cycle Time	Jumlah
Financial	0,109	0,090	0,059	0,165	0,130	0,553
Productivity	0,328	0,269	0,353	0,275	0,195	1,420
Utilization	0,328	0,134	0,176	0,165	0,130	0,934

KPI Shipping	Financial	Productivity	Utilization	Quality	Cycle Time	Jumlah
<i>Quality</i>	0,036	0,054	0,059	0,055	0,078	0,282
<i>Cycle Time</i>	0,328	0,537	0,529	0,275	0,391	2,060

Dengan menggunakan persamaan (2.3) hasil perhitungan Lamda (Λ) dapat dilihat pada Tabel 4.42.

Tabel 4.42 Hasil Perhitungan Lamda KPI *Shipping*

KPI Storage	Penjumlahan Baris Eigen Maks	Bobot Prioritas	Lamda
<i>Financial</i>	0,553	0,109	5,057
<i>Productivity</i>	1,420	0,269	5,284
<i>Utilization</i>	0,934	0,176	5,297
<i>Quality</i>	0,282	0,055	5,126
<i>Cycle Time</i>	2,060	0,391	5,275
Total		1,00	26,039

Dengan menggunakan persamaan (2.4) hasil perhitungan Eigen Max adalah sebagai berikut:

$$\Lambda_{\text{maks}} = \frac{26,039}{5} = 5,208$$

Dengan menggunakan persamaan (2.5) maka perhitungan indeks konsistensi (CI) adalah sebagai berikut:

$$CI = \frac{\Lambda_{\text{maks}} - n}{n - 1} = \frac{5,208 - 5}{5 - 1} = 0,052$$

Dengan nilai index random (RI) sesuai dengan Tabel 2.3 yakni untuk ukuran matriks 5 adalah 1,12 dan menggunakan persamaan (2.6) maka nilai konsistensi rasio (CR) adalah sebagai berikut:

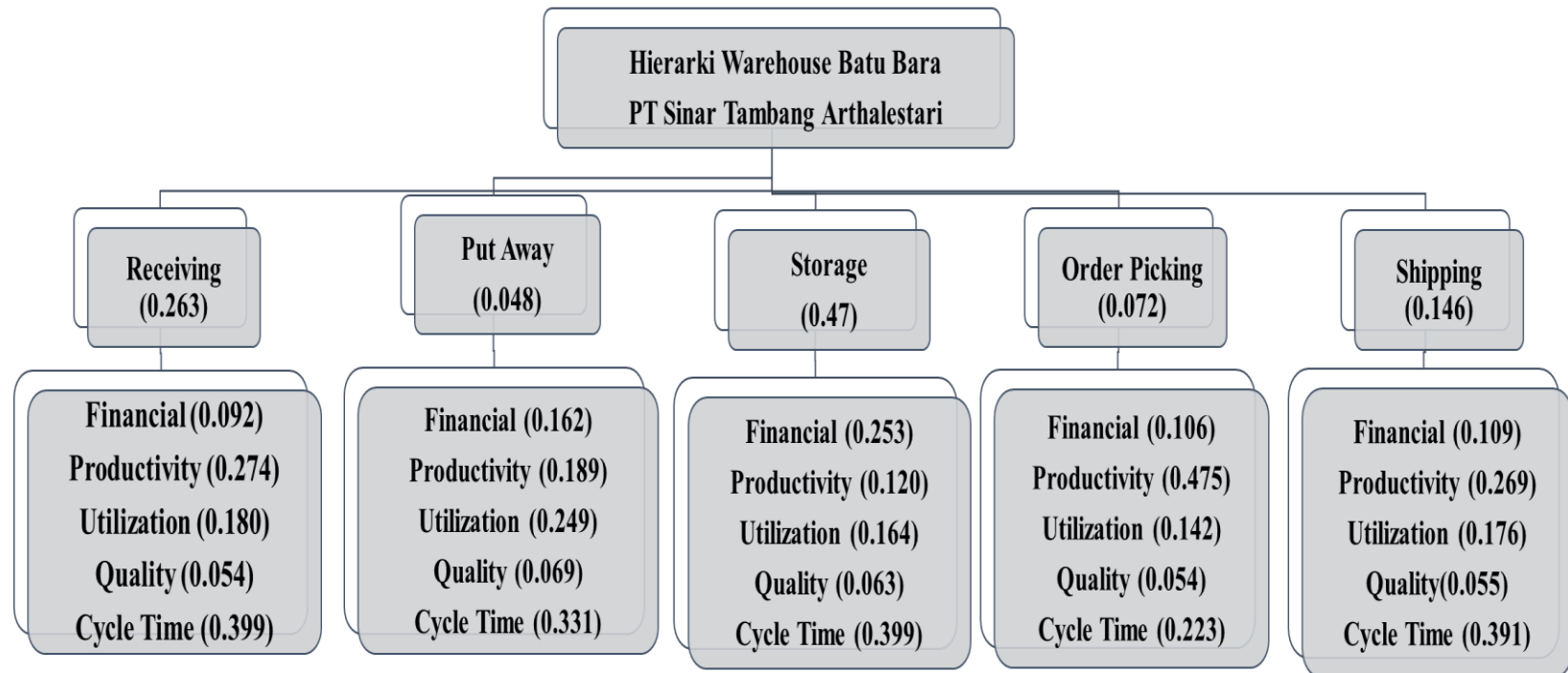
$$CR = \frac{0,052}{1,12} = 0,046$$

Tabel 4.43 Bobot setiap Kepentingan Indikator KPI *Shipping* dan Nilai CR

KPI <i>Shipping</i>	Bobot Prioritas	CR
<i>Financial</i>	0,109	
<i>Productivity</i>	0,269	
<i>Utilization</i>	0,176	0,046
<i>Quality</i>	0,055	
<i>Cycle Time</i>	0,391	

4.2.3 Penyusunan Hierarki Bobot KPI Gudang

Langkah selanjutnya adalah penyusunan hierarki KPI beserta bobot dari tiap kriteria dan indikator KPI. Struktur hierarki bobot KPI gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.3 Hierarki Bobot KPI untuk *Warehouse* Batu Bara PT Sinar Tambang Arthalestari

Bobot setiap indikator KPI yang dihitung menggunakan persamaan AHP ditunjukkan oleh Tabel 4.44.

Tabel 4.44 Bobot dari Setiap Indikator KPI

Proses	Indikator	Indikator KPI	Bobot
Receiving	<i>Financial</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	0,092
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per-man hour</i>	0,274
	<i>Utilization</i>	<i>% Dock door utilization</i>	0,180
	<i>Quality</i>	<i>% Receipt processing time per receipts</i>	0,054
	<i>Cycle Time</i>	<i>Receipt procesing time per receipts</i>	0,399
Put Away	<i>Financial</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	0,162
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per-man hour</i>	0,189
	<i>Utilization</i>	<i>% Dock door utilization</i>	0,249
	<i>Quality</i>	<i>% Receipt processing time per receipts</i>	0,069
	<i>Cycle Time</i>	<i>Receipt procesing time per receipts</i>	0,331
Storage	<i>Financial</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	0,253
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per-man hour</i>	0,120
	<i>Utilization</i>	<i>% Dock door utilization</i>	0,164
	<i>Quality</i>	<i>% Receipt processing time per receipts</i>	0,063
	<i>Cycle Time</i>	<i>Receipt procesing time per receipts</i>	0,399
Order Picking	<i>Financial</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	0,106
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per-man hour</i>	0,475
	<i>Utilization</i>	<i>% Dock door utilization</i>	0,142
	<i>Quality</i>	<i>% Receipt processing time per receipts</i>	0,054
	<i>Cycle Time</i>	<i>Receipt procesing time per receipts</i>	0,223
Shipping	<i>Financial</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	0,109
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per-man hour</i>	0,269
	<i>Utilization</i>	<i>% Dock door utilization</i>	0,176
	<i>Quality</i>	<i>% Receipt processing time per receipts</i>	0,055
	<i>Cycle Time</i>	<i>Receipt procesing time per receipts</i>	0,391

4.2.4 Pengukuran Kinerja Warehouse

1. *Receiving*

Kriteria *Receiving* x *Financial*

- Gaji karyawan perbulan = Rp. 1.900.000
- Jumlah hari kerja perbulan = 26 hari
- Lamanya kerja dalam 1 hari = 8 jam
- Jumlah karyawan gudang = 3 orang
- Lamanya 1 kali *receiving* = 16,7 menit ~ 0,28 jam

Maka : $\text{Rp } 1.900.000/26 = \text{Rp } 73.077/\text{hari} = \text{Rp } 73.077/8 \text{ jam} = \text{Rp } 9.135 / \text{jam}$

Jumlah karyawan 3 orang dan sekali *receiving* selama 0,28 jam , maka : $= \text{Rp. } 9.135 \times 3$
 $= \text{Rp } 27.404$

Maka *receiving* per hari = $\text{Rp } 27.404 \times 3 = \text{Rp } 712.500$

Kriteria *Receiving* x *Productivity*

1 kali *Receiving* dilakukan oleh 3 pekerja selama 0,28 jam. Sehingga *receipts per man-hour* = $3/0,28 = 10,71$, produktivitas sekali *receiving* = $1/(10,71) = 0,093$

Kriteria *Receiving* x *Utilize*

Ukuran Gedung = 110m x 280m

Utilize dock door nya adalah 110m x 280m : 45m x 45m = 30.800 : 2025

***Utilize* = 0,066% ~ 6,575%**

Kriteria *Receiving* x *Quality*

Total *Location without discrepancies* selama 2 Bulan terakhir = 45000 ton. *Cancel Goods Receive* dalam 2 bulan = 0 ton. % *Material Return* = $(0/1150) \times 100\% = 0\%$ maka **100% good receive.**

Kriteria *Receiving* x *Cycle Time*

Lamanya waktu (CT) dalam menangani 1 kali *receiving* = **0,28 jam/receiving**

2. Put Away

Kriteria Put Away x Financial

Waktu *Put away* = 3,5 jam, maka $3,5 \times \text{Rp } 13.703 = \text{Rp } 44.466$. Jumlah Pekerja = 1 orang, maka biaya *put away* = $\text{Rp. } 44.466 \times 1 \text{ orang} = \text{Rp } 44.466$

Kriteria Put Away x Productivity

1 proses *Put Away* dilakukan oleh 1 pekerja selama 3,5 jam

Sehingga *Put Away per man-hour* = $1/3,5 = 0,286\%$

Kriteria Put Away x Utilize

Ukuran gedung = 110m x 280m, yang digunakan = 95m x 270m. Maka, *Utilize* nya adalah 95m x 270m berbanding 110x 280m atau 25.650 berbanding 30.800, *Utilize put away* = **83,279 %**

Kriteria Put Away x Quality

Pekerja gudang diasumsikan tidak pernah melakukan kesalahan penempatan, maka *quality* = **100%**

Kriteria Put Away x Cycle Time

Lamanya waktu (CT) dalam menangani 1 kali *put away* = **1,5 jam/put away**

4.2.4.3. Storage

Kriteria Storage x Financial

Harga tanah / m² = Rp. 1.700.000 , Luas tanah = 1400m², Jumlah *material stock* di *warehouse* = 17.690 item. Biaya simpan/item = $1400 \times 1.700.000 / 17.690 = \text{Rp. } 134.539$. Biaya tetap = Rp. 5.500.000 / bulan (Bayar listrik dan air). Gaji karyawan = Rp. 1.900.000/ bulan.

Total Biaya Tetap = $\text{Rp } 5.500.000 + \text{Rp. } 1.900.000 = \text{Rp } 7.400.000/\text{bulan}$

Biaya *inventory* = $\text{Rp } 7.400.000/17.690 \text{ item} + \text{Rp } 134.539 = \text{Rp } 134.957/\text{ton}$

Kriteria Storage x Productivity

Jumlah item/*utilize put away* = $17.690 \text{ item}/2025\text{m}^2 = 8,736 \text{ ton/ m}^2$

Kriteria Storage x Utilize

Utilize di sini berarti %lokasi yang ditempati.

Ukuran gedung = 110m x 280m, yang digunakan = 95m x 270m. Maka, *Utilize* nya adalah 95m x 270m berbanding 110x 280m atau 25.650 berbanding 30.800

***Utilize storage* = 83,279 %**

Kriteria Storage x Quality

Diasumsikan barang tidak pernah rusak selama masa penyimpanan, maka ***quality* = 100%**

Kriteria Storage x Cycle Time

Waktu penyimpanan material ditargetkan secepatnya keluar dari *warehouse*, jika diasumsikan dalam hari = **26 hari**.

3. Order Picking**Kriteria Order Picking x Financial**

Dalam 1 kali *order picking* memerlukan waktu 1.5 jam, gaji karyawan/jam = Rp. 9.135/jam

1.5 Jam x Rp. 9.135 x 1 = **Rp 13.703**

Kriteria Order Picking x Productivity

1 kali *order picking* dilakukan oleh 1 pekerja dengan waktu 1,5 jam, maka *picked per man-hour* = $1/1,5 = 0,667$

Kriteria Order Picking x Utilize

Ukuran gedung = 110m x 280m, yang digunakan = 95m x 270m. Maka, *Utilize* nya adalah 95m x 270m berbanding 110x 280m atau 25.650 berbanding 30.800

***Utilize storage* = 83,279 %**

Kriteria Order Picking x Quality

Pekerja gudang diasumsikan tidak pernah melakukan kesalahan pengambilan, maka ***quality* = 100%**

Kriteria Order Picking x Cycle Time

Lamanya waktu (CT) dalam melakukan *order picking* = **1,5 jam**

5. Shipping**Kriteria Shipping x Financial**

Waktu *Shipping* = 0,5 jam, maka $0,5 \times \text{Rp. } 9135 \times 1 = \text{Rp. } 4568$

Kriteria Shipping x Productivity

1 proses *shipping* dilakukan oleh 1 pekerja selama **0,5 jam/orang**.

Kriteria Shipping x Utilize

Ukuran gedung = 110m x 280m, yang digunakan = 95m x 270m. Maka, *Utilize* nya adalah 95m x 270m berbanding 110x 280m atau 25.650 berbanding 30.800

***Utilize storage* = 83,279 %**

Kriteria Shipping x Quality

Pekerja gudang diasumsikan tidak pernah melakukan kesalahan pemuatan barang, maka ***quality* = 100%**

Kriteria Shipping x Cycle Time

Lamanya waktu (CT) dalam menangani 1 kali *shipping* = **0,5 jam**

Tabel 4.45 Data KPI Warehouse Batu Bara PT Sinar Tambang Arthalestari

Kriteria	Indikator	Indikator KPI	Rata-rata pencapaian actual	Min	Max	Kategori
Receiving	<i>Financial (Rp)</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	712.500	500.000	900.000	<i>Lower is Better</i>
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per-man hour</i>	0,093	0,05	0,15	<i>Larger is Better</i>
	<i>Utilization (%)</i>	<i>% Dock door utilization</i>	6,575	4	7	<i>Larger is Better</i>
	<i>Quality (%)</i>	<i>% Receipt processing per receipts</i>	100	80	100	<i>Larger is Better</i>
	<i>Cycle Time (Jam)</i>	<i>Receipt procesing time per receipts</i>	0,28	0,1	0,5	<i>Lower is Better</i>
Put Away	<i>Financial (Rp)</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	44.466	35.000	70.000	<i>Lower is Better</i>
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per-man hour</i>	0,286	0,1	0,35	<i>Larger is Better</i>
	<i>Utilization (%)</i>	<i>% Dock door utilization</i>	83,279	50	90	<i>Larger is Better</i>
	<i>Quality (%)</i>	<i>% Receipt processing time per receipts</i>	100	80	100	<i>Larger is Better</i>
	<i>Cycle Time (Jam)</i>	<i>Receipt procesing time per receipts</i>	1,5	1	3	<i>Lower is Better</i>
Storage	<i>Financial (Rp)</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	134.957	100.000	200.000	<i>Lower is Better</i>
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per-man hour</i>	8,376	5	10	<i>Larger is Better</i>
	<i>Utilization (%)</i>	<i>% Dock door utilization</i>	83,279	50	90	<i>Larger is Better</i>

Kriteria	Indikator	Indikator KPI	Rata-rata pencapaian actual	Min	Max	Kategori
	<i>Quality (%)</i>	<i>% Receipt processing time per receipts</i>	100	80	100	<i>Larger is Better</i>
	<i>Cycle Time (Hari)</i>	<i>Receipt procesing time per receipts</i>	26	26	30	<i>Lower is Better</i>
	<i>Financial (Rp)</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	13.703	10.000	15.000	<i>Lower is Better</i>
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per-man hour</i>	0,667	0,3	0,7	<i>Larger is Better</i>
Order	<i>Utilization (%)</i>	<i>% Dock door utilization</i>	83,279	50	90	<i>Larger is Better</i>
Picking	<i>Quality (%)</i>	<i>% Receipt processing time per receipts</i>	100	80	100	<i>Larger is Better</i>
	<i>Cycle Time (Jam)</i>	<i>Receipt procesing time per receipts</i>	1,5	1	3	<i>Lower is Better</i>
	<i>Financial (Rp)</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	4.568	2.000	8.000	<i>Lower is Better</i>
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per-man hour</i>	0,5	0,2	0,6	<i>Larger is Better</i>
	<i>Utilization (%)</i>	<i>% Dock door utilization</i>	83,279	60	90	<i>Larger is Better</i>
Shipping	<i>Quality (%)</i>	<i>% Receipt processing time per receipts</i>	100	80	100	<i>Larger is Better</i>
	<i>Cycle Time (Jam)</i>	<i>Receipt procesing time per receipts</i>	0,5	0,3	1,5	<i>Lower is Better</i>

4.2.5 Normalisasi Bobot Indikator KPI Warehouse dengan S-Norm

Untuk menyamakan bobot pada setiap indikator KPI maka dilakukan proses penyamaan parameter dengan melakukan normalisasi dengan menggunakan persamaan S-Norm yang ditunjukkan pada persamaan (2.6) dan (2.7) Hasil normalisasi bobot setiap indikator KPI pada *warehouse* batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari dengan S-Norm ditunjukkan pada Tabel 4.46.

Tabel 4.46 Hasil Normalisasi Bobot Indikator KPI dengan S-Norm

Proses	Indikator	Indikator KPI	Rata-rata pencapaian aktual	Min	Max	Kategori	S-NORM
	<i>Financial (Rp)</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	712.500	500.000	900.000	<i>Lower is Better</i>	46,875
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per- man hour</i>	0,093	0,05	0,15	<i>Larger is Better</i>	86
Receiving	<i>Utilization (%)</i>	<i>% Dock door utilization</i>	6,575	4	7	<i>Larger is Better</i>	85,833
	<i>Quality (%)</i>	<i>% Receipt processing time per receipts</i>	100	80	100	<i>Larger is Better</i>	100

Proses	Indikator	Indikator KPI	Rata-rata pencapaian aktual	Min	Max	Kategori	S-NORM
	<i>Cycle Time (Jam)</i>	<i>Receipt processing time per receipts</i>	0,28	0,1	0,5	<i>Lower is Better</i>	55
	<i>Financial (Rp)</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	44.466	35.000	70.000	<i>Lower is Better</i>	72,954
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per- man hour</i>	0,286	0,1	0,35	<i>Larger is Better</i>	74,400
	<i>Utilization (%)</i>	<i>% Dock door utilization</i>	83,279	50	90	<i>Larger is Better</i>	83,198
Put Away	<i>Quality (%)</i>	<i>% Receipt processing time per receipts</i>	100	80	100	<i>Larger is Better</i>	100
	<i>Cycle Time (Jam)</i>	<i>Receipt processing time per receipts</i>	1,5	1	3	<i>Lower is Better</i>	75
Storage	<i>Financial (Rp)</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	134.957	100.000	200.000	<i>Lower is Better</i>	65,043

Proses	Indikator	Indikator KPI	Rata-rata pencapaian aktual	Min	Max	Kategori	S-NORM
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per- man hour</i>	8,376	5	10	<i>Larger is Better</i>	67,520
	<i>Utilization (%)</i>	<i>% Dock door utilization</i>	83,279	50	90	<i>Larger is Better</i>	83,198
	<i>Quality (%)</i>	<i>% Receipt processing time per receipts</i>	100	80	100	<i>Larger is Better</i>	100,
	<i>Cycle Time (Hari)</i>	<i>Receipt procesing time per receipts</i>	26	26	30	<i>Lower is Better</i>	100
	<i>Financial (Rp)</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	13.703	10.000	15.000	<i>Lower is Better</i>	25,940
Order Picking	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per- man hour</i>	0,667	0,3	0,7	<i>Larger is Better</i>	91,750
	<i>Utilization (%)</i>	<i>% Dock door utilization</i>	83,279	50	90	<i>Larger is Better</i>	83,198
	<i>Quality (%)</i>	<i>% Receipt processing</i>	100	80	100	<i>Larger is Better</i>	100

Proses	Indikator	Indikator KPI	Rata-rata pencapaian aktual	Min	Max	Kategori	S-NORM
		<i>time per receipts Receipt processing time per receipts</i>	1,5	1	3	<i>Lower is Better</i>	75
	<i>Financial (Rp)</i>	<i>Receiving Cost Per Line</i>	4.568	2.000	8.000	<i>Lower is Better</i>	57,200
	<i>Productivity</i>	<i>Receipts per-man hour</i>	0,5	0,2	0,6	<i>Larger is Better</i>	75
	<i>Utilization (%)</i>	<i>% Dock door utilization</i>	83,279	60	90	<i>Larger is Better</i>	77,597
Shipping		<i>% Receipt processing time per receipts</i>	100	80	100	<i>Larger is Better</i>	100
	<i>Cycle Time (Jam)</i>	<i>Receipt processing time per receipts</i>	0,5	0,3	1,5	<i>Lower is Better</i>	83,333

4.2.6 Pengukuran Nilai Akhir Kinerja Warehouse Batu Bara PT Sinar Tambang Arthalestari

Tabel 4.47 menunjukkan pengukuran nilai akhir kinerja *warehouse* batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari.

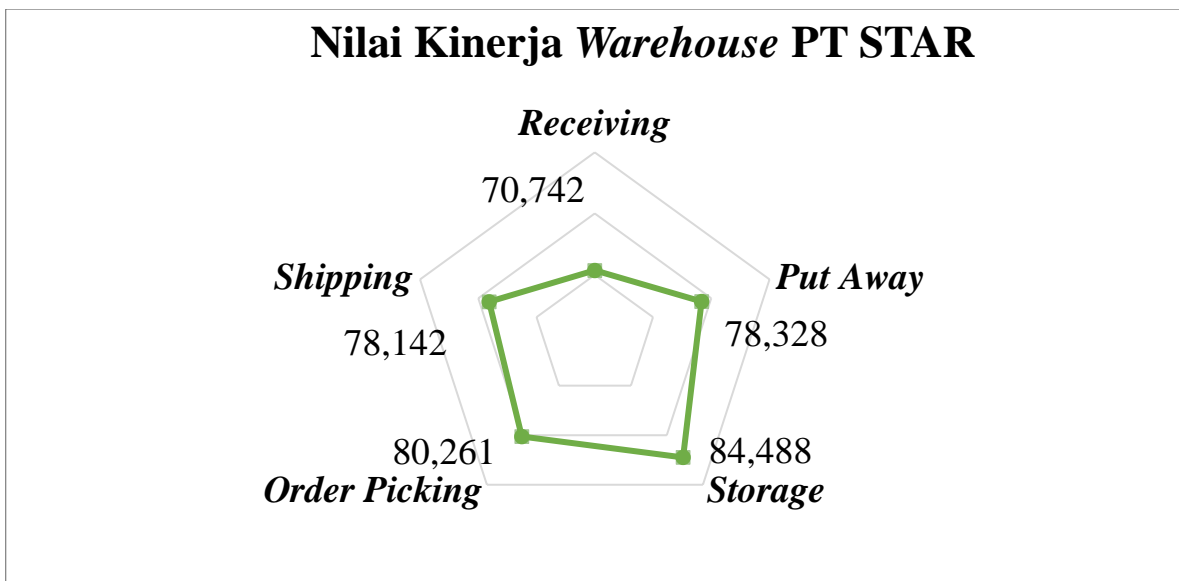
Tabel 4.47 Perhitungan Nilai Akhir Kinerja Warehouse

Proses/ Kriteria	Bobot Kriteria	Indikator	Bobot	S-NORM	Nilai Kinerja Indikator	Kinerja Indikator Warehouse	Nilai Kinerja Kriteria	Kinerja Total Warehouse
Receiving	0,197	<i>Financial</i>	0,092	46,875	4,318	70,7424	18,639	
		<i>Productivity</i>	0,274	86	23,601			
		<i>Utilization</i>	0,180	85,833	15,432			
		<i>Quality</i>	0,054	100	5,421			
		<i>Cycle Time</i>	0,399	55	21,970			
Put Away	0,070	<i>Financial</i>	0,162	72,954	11,834	78,382	3,792	79,337
		<i>Productivity</i>	0,189	74,400	14,052			
		<i>Utilization</i>	0,249	83,198	20,726			
		<i>Quality</i>	0,069	100	6,923			
		<i>Cycle Time</i>	0,331	75,000	24,793			
Storage	0,374	<i>Financial</i>	0,253	65,043	16,461	84,488	39,731	
		<i>Productivity</i>	0,120	67,520	8,118			
		<i>Utilization</i>	0,164	83,198	13,669			

Proses/ Kriteria	Bobot Kriteria	Indikator	Bobot	S-NORM	Nilai Kinerja Indikator	Kinerja Indikator Warehouse	Nilai Kinerja Kriteria	Kinerja Total Warehouse
Order Picking	0,127	<i>Quality</i>	0,063	100	6,313	80,261	5,77	
		<i>Cycle Time</i>	0,399	100	39,926			
		<i>Financial</i>	0,106	25,940	2,752			
		<i>Productivity</i>	0,475	91,750	43,597			
		<i>Utilization</i>	0,142	83,198	11,807			
		<i>Quality</i>	0,054	100	5,376			
Shipping	0,233	<i>Cycle Time</i>	0,223	75	16,728	78,142	11,406	
		<i>Financial</i>	0,109	57,200	6,255			
		<i>Productivity</i>	0,269	75	20,155			
		<i>Utilization</i>	0,176	77,597	13,682			
		<i>Quality</i>	0,055	100	5,504			
		<i>Cycle Time</i>	0,391	83,333	32,547			

Tabel 4.48 Nilai Akhir Kinerja Warehouse Batu Bara
PT Sinar Tambang Arthalestari

Proses	Nilai Akhir Tiap Proses	Total Nilai Akhir Kinerja
<i>Receiving</i>	70,742	79,337
<i>Put Away</i>	78,328	
<i>Storage</i>	84,488	
<i>Order Picking</i>	80,261	
<i>Shipping</i>	78,142	



Gambar 4.4 Spider Web Nilai Kinerja Warehouse Batu Bara PT Sinar Tambang
Arthalestari

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Hasil Simulasi Monte Carlo

Dalam penelitian ini dibangun tiga model simulasi Monte Carlo, yakni model awal, model scenario 1, dan model skenario 2. Model awal merupakan model yang sesuai dengan sistem nyata, artinya data-data yang dimasukkan ke dalam model berasal dari data perusahaan. Pembangunan model awal bertujuan untuk mengetahui hasil replikasi dari hasil simulasi untuk selanjutnya dibandingkan dengan hasil simulasi model skenario. Simulasi pada model awal dilakukan sebanyak 30 kali replikasi. Pada sistem nyatanya diketahui bahwa perusahaan tidak menerapkan *safety stock*, dengan *economic order quantity* sebesar 45.000 ton dan *re-order point* ketika persediaan sebesar 17.000 ton. Berdasarkan hasil dari simulasi model awal dapat diketahui bahwa jumlah rata-rata *overstock* untuk batu bara per hari sebesar 23.783 ton/hari.

Model skenario 1 dibangun dengan menggunakan data-data hasil perhitungan menggunakan metode Min Max. Model skenario 1 simulasi Monte Carlo dibangun dengan asumsi untuk penerapan dalam 7 (tujuh) bulan dimulai dari Januari – Juli 2021. Hasil perhitungan dengan metode Min Max untuk *safety stock* sebesar 4.695 ton, *re-order point* sebesar 19.690 ton dengan *economic order quantity* sebesar 34.685 ton. Berdasarkan hasil simulasi model skenario, nilai rata-rata *overstock* diperoleh sebesar 16.689 ton /hari.

Selanjutnya dibangun model skenario 2 dengan menggunakan data-data hasil dari perhitungan metode EOQ. Model skenario 2 ini juga disimulasikan untuk penerapan dalam 7 (tujuh) bulan dimulai dari Januari – Juli 2021. Hasil perhitungan dengan metode EOQ menunjukkan untuk *safety stock* sebesar 4.695 ton, *re-order point* sebesar 19.690 ton dengan *economic order quantity* sebesar 14.236 ton. Berdasarkan hasil replikasi simulasi model skenario 2, nilai rata-rata *overstock* diperoleh sebesar 10.578 ton /hari.

5.2 Analisis Pemilihan Skenario

Pemilihan skenario dilakukan menggunakan uji bonfferoni terhadap kedua skenario untuk melihat apakah terdapat perbedaan dengan model awal. Hasil uji Bonferroni menunjukkan baik model skenario 1 dan model skenario 2 menunjukkan HO Ditolak artinya kedua model memiliki perbedaan nilai *output* dengan model awal.

Perbandingan antara model awal dan skenario 1 menunjukkan bahwa terjadi penurunan rata-rata *overstock* yang semula sebanyak 23.7893 ton/hari menjadi Rp 16.689 ton/hari atau setara 29,83% ~ 7.094 ton/hari. Sedangkan jika model awal dibandingkan dengan skenario 2 penurunan menjadi 10.578 ton/hari atau setara 55,52% ~ 13.205 ton/hari.

Pada Tabel 4.9 juga ditunjukkan hasil perhitungan biaya penyimpanan untuk ketiga model. Model awal atau kondisi nyata perusahaan memiliki total biaya penyimpanan Rp 2.140.470.000, model skenario 1 memiliki total biaya penyimpanan sebesar Rp 1.502.010.000, sedangkan model skenario 2 memiliki total biaya penyimpanan sebesar Rp 952.020.000. Berdasarkan hal tersebut, model skenario 2 yaitu dengan menerapkan hasil perhitungan EOQ dapat dilihat bahwa terjadi penurunan biaya penyimpanan yang signifikan karena metode EOQ mempertimbangkan biaya administrasi, biaya pengiriman, serta biaya penyimpanan. Namun hasil simulasi menunjukkan dengan penerapan metode EOQ terjadi *stockout* hingga sebesar 11.702 ton dalam periode Januari – Juli 2020. *Stockout* tentu menimbulkan kerugian material dan imaterial. Terjadinya *stockout* dapat menghambat bahkan menghentikan jalannya seluruh proses produksi dan menyebabkan kerugian besar

bagi perusahaan. Hal tersebut juga akan berdampak pada terhambatnya proses distribusi produk ke pelanggan yang berakhir menurunnya kepuasan pelanggan.

Maka dengan pertimbangan tersebut, dengan menerapkan hasil skenario 1 yakni perhitungan metode Min Max merupakan solusi optimal bagi perusahaan. Penerapan Min Max dilakukan dengan menetapkan *safety stock* sebesar 4.695 ton, *re-order point* sebesar 19.690 dengan *economic order quantity* sebesar 34.685, dapat dilihat dari hasil simulasi Monte Carlo bahwa terjadi penurunan *overstock* pada gudang batu bara sebanyak 29,83% atau setara 7.094 ton/hari. Selain itu, hasil penerapan simulasi skenario 1 tidak ditemukan kondisi *stockout* pada persediaan batu bara.

5.3 Analisis Kinerja Warehouse Batu Bata

Pengukuran kinerja *warehouse* batu bara di PT Sinar Tambang Arthalesstari dilakukan dengan menggunakan KPI dan S-Norm yang mengacu pada proses *warehouse* meliputi *Receiving*, *Put Away Storage*, *Order Picking*, dan *Shipping*. Dari setiap aktifitas/proses tersebut terdapat 5 (lima) indikator yang digunakan untuk mengukur KPI gudang yakni *financial*, *productivity*, *utilization*, *quality*, dan *cycle time*. Berdasarkan pengukuran KPI terhadap 5 (lima) indikator ditemukan nilai tertinggi, yaitu nilai S-Norm % Quality pada seluruh proses sebesar 100% karena berdasarkan data historis perusahaan selama 3 bulan, tidak ditemukan material batu bara yang tidak layak sehingga tidak ada material yang perlu dikembalikan ke pada *supplier*. Sedangkan nilai terendah terdapat pada nilai S-Norm *financial* untuk aktivitas *receiving* yaitu sebesar 46,875%. Hal tersebut disebabkan dalam 1 (satu) kali *receiving* dilakukan oleh 3 orang karyawan dengan durasi 0,28 jam/*receiving* oleh *dump truck* dengan upaya untuk menekan biaya setiap kali proses *receiving*, di mana maksimal *financial* untuk *receiving* hanya sebesar Rp 900.000. Kemudian nilai *cycle time* pada proses *receiving* hanya sebesar 55% disebabkan seringkali terjadinya *human error* saat proses penurunan material melalui *dump truck* yang menyebabkan prosesnya menjadi memakan waktu 0,28 jam/*receiving* oleh *dump truck*.

Berdasarkan pembobotan menggunakan AHP, proses *Receiving* memiliki bobot sebesar 0,263, *Put Away* sebesar 0,048, *Storage* sebesar 0,47, *Order Picking* sebesar 0,072, dan *Shipping* sebesar 0,146%. Data bobot tersebut diperoleh dari kuesioner yang diberikan kepada *expert* bahan baku PT Sinar Tambang Arthalestari.

Adapun hasil pengukuran kinerja gudang menunjukkan nilai tertinggi diperoleh oleh proses *Storage* sebesar 84,488, *Order Picking* sebesar 80,261, *Put Away* sebesar 78,328, *Shipping* sebesar 78,142 dan nilai terendah adalah proses *Receiving* sebesar 70,742. Maka total nilai kinerja gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari adalah sebesar 79,337 artinya jika mengacu pada sistem *monitoring indicator performance* pada Tabel 2.10 maka dapat disimpulkan bahwa nilai kinerja gudang perusahaan termasuk dalam kategori **Good**.

Dari seluruh proses memiliki nilai total di atas 70, artinya kinerja gudang sudah baik namun tetap perlu adanya *continuous improving* agar perusahaan dapat menjadi lebih baik dan semakin unggul. Proses *Storage* memiliki nilai kinerja tertinggi disebabkan perusahaan telah memiliki pedoman dalam tindakan preventif penanganan batu bara. Selain itu penggunaan lahan gudang mencapai lebih dari batas minimal yakni $\frac{1}{2}$ dari lahan yang tersedia sehingga nilai indikator *utilization* pada *Storage* tinggi. Meskipun nilai kinerja gudang pada proses pada *Storage*, *Put Away*, *order picking*, dan *Shipping* telah baik, namun perusahaan dapat tetap meningkatkannya salah satunya adalah dengan mengoptimalkan sarana dan prasarana seperti *conveyor*, *reklamer*, dan *scraper* sehingga dapat mempercepat *cycle time* dan meningkatkan produktivitas seluruh proses.

Nilai terendah diperoleh oleh proses *Receiving*, hal ini disebabkan pekerja pada bagian *receiving* sebanyak 3 (tiga) orang sedangkan biaya maksimum yang ditetapkan perusahaan untuk *receiving* hanya sebesar Rp 900.000. Selain itu *cyle time* pada *receiving* yang memakan waktu lama disebabkan oleh proses penurunan material batu bara dilakukan oleh pihak yang kurang profesional dan seringkali terjadi *human error*. Pada proses *receiving*, pekerja perusahaan bertugas untuk memantau penurunan material oleh *dump truck* dan membantu distribusi material masuk ke dalam *feed chute* (corong penyaringan) hingga masuk ke dalam *conveyor*.

Rekomendasi yang peneliti berikan berdasarkan hasil perhitungan dan kondisi perusahaan adalah mengurangi pekerja perusahaan pada proses *Receiving* sehingga diharapkan dapat menekan biaya pada proses *receiving*. Selain itu perlu dilakukan perbaikan tata letak *feed chute* batu bara, di mana letak *feed chute* batu bara berada sejajar dengan tanah padahal seharusnya berada pada ketinggian minimal 1 (satu) meter di atas tanah sehingga dapat memudahkan proses penurunan oleh *dump truck* dan mempercepat *cyle time*. Kemudian pihak perusahaan dapat melakukan kerja sama dengan pihak *supplier* batu bara untuk melakukan seleksi penggunaan sopir *dump truck* yang sudah berpengalaman agar *cycle time* pada proses *receiving* dapat lebih cepat dan mampu meningkatkan produktivitas.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil dari simulasi Monte Carlo untuk model awal dapat diketahui bahwa jumlah rata-rata *overstock* untuk batu bara per hari sebesar 23.783 ton/hari. Sedangkan untuk simulasi model skenario 1 dengan menerapkan sebesar 19.690 ton dengan *economic order quantity* sebesar 34.685 ton, nilai rata-rata *overstock* diperoleh sebesar 16.689 ton /hari dan jika dibandingkan dengan model awal artinya terjadi penurunan *overstock* sebesar 29,83% atau 7.094 ton/hari. Lalu untuk simulasi model skenario 2 dengan menerapkan sebesar 19.690 ton dengan *economic order quantity* sebesar 14.236 ton, nilai rata-rata *overstock* sebesar 10.578 ton.hari dan jika dibandingkan dengan model awal artinya terjadinya penurunan *overstock* sebesar 55,52% ~ 13.205 ton/hari
2. Nilai total akhir kinerja gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari adalah sebesar 79,337 yang artinya masuk ke dalam kategori *Good* dengan nilai tertinggi diperoleh oleh proses *Storage* sebesar 84,488, *Order Picking* sebesar 80,261, *Put Away* sebesar 78,328, *Shipping* sebesar 78,142 dan nilai terendah adalah proses *Receiving* sebesar 70,742.
3. Rekomendasi yang peneliti berikan adalah mengoptimalkan sarana dan prasarana seperti conveyor, reklamer, dan *scraper* sehingga dapat mempercepat *cycle time* dan meningkatkan produktivitas pada seluruh proses. Selain itu perlu dilakukan perbaikan tata letak *feed chute* batu bara dengan dirancang berada pada ketinggian minimal 1 (satu)

meter di atas tanah. Kemudian pihak perusahaan dapat melakukan kerja sama dengan pihak *supplier* batu bara untuk melakukan seleksi penggunaan sopir *dump truck* yang sudah berpengalaman agar *cycle time* pada proses *receiving* dapat lebih cepat dan mampu meningkatkan produktivitas.

6.2 Saran

1. Saran bagi perusahaan

Perusahaan dapat melakukan perencanaan persediaan pada gudang batu dengan optimal untuk dapat mengurangi *overstock* yang berlebih sehingga dapat menekan biaya inventori perusahaan. Selain itu, perusahaan diharapkan dapat melakukan perbaikan berkelanjutan mengenai pengelolaan gudang batu bara dengan melakukan perbaikan kinerja terendah, yakni pada proses *receiving*, dengan tetap meningkatkan proses lain dengan saran yang diberikan oleh peneliti agar kinerja gudang batu bara PT Sinar Tambang Arthalestari semakin baik.

2. Saran bagi penelitian selanjutnya

Pada penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan biaya penyimpanan serta biaya *stockout* yang lebih terperinci serta menghitung *Turn Over Ratio* bahan baku agar mencapai penelitian yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyani, N., & Muhsin, A. 2017. Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Metode Economic Order Quantity dan Kanban Pada PT Adyawinsa Sstamping Industries. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, Vol. 10, No. 02, pp. 128-142.
- Ardiansah, I., Pujiyanto, T., & Perdana, I. 2019. Penerapan Simulasi Monte Carlo dalam Memprediksi Persediaan Produk Jadi pada IKM Buluk Lupa. *Jurnal Industri Pertanian*, Vol. 01, No. 03, pp. 61-69.
- Asmugi, 2007. Simulasi Komputer Sistem Diskrit. 1 ed. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- Banerjee, J., & Buoti, C. 2012. General specifications of KPIs, International Telecommunication: Union.
- Chandra, A. 2014. Pengukuran Kinerja Gudang dengan Menggunakan Metode Balanced Scorecard – Studi Kasus Pada PT GMS Jakarta. *Jurnal Metris*, Vol 15. Pp. 105-110.
- Frazelle. E. H. 2002, Supply Chain Strategy, 1st Edition, Kindle Edition.
- Gitosudarmo, H. I. 2002. Manajemen Operasi, Yogyakarta: FE UGM.
- Gunawan, A. 2013. Perencanaan Sistem Persediaan Dan Perbaikan Tata Letak Di Gudang Bahan Baku PT Aneka Indo Makmur (AIM), Sidoarjo. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, pp. 1-19.
- Handoko, T. H., 1994. Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi Edisi 1. Yogyakarta: BPF UGM
- Hartini, S., Hasibuan, S., & Kodrat, K. F. 2019. Analisis Key Performance Indicator sebagai Alat Pengukuran Kinerja Rantai Pasok Produk Garam Industri Menggunakan Metode SCOR-AHP. *TALENDA*, Vol. 02, No. 04, pp. 141-150.
- Hasan, I. 2008. Analisis Data Ppenelitian dengan Statistik. Yogyakarta: Bumi Aksara

- Hudori, M. 2019. Peramalan Kebutuhan dan Pengendalian Persediaan Calcium Carbonate di Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Citra Widya Edukasi*, Vol. 11, No. 2, pp. 165-184.
- Hutahaean, H. D., 2018. Analisa Simulasi Monte Carlo Untuk Memprediksi Tingkat Kehadiran Mahasiswa Dalam Perkuliahan (Studi Kasus : Stmik Pelita Nusantara). *Journal Of Informatic Pelita Nusantara*, Vo. 03, No. 01, pp. 41-45.
- Indah, D. R., Purwasih, L., & Maulida, Z. 2018. Pengendalian Persediaan Bahan Baku pada PT Aceh Rubber Industries Kabupaten Aceh Tamiang. *Jurnal Managemen dan Keuangan*, Vol. 07, No. 02, pp. 157-173.
- Ishak, A. 2010. Manajemen Operasi. Edisi 1. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Iveta, G. 2012. Human Resources Key Performance Indikator. *Journal Of Competitiveness*, Vo. 04, No. 01, pp. 177-128.
- Juventia, J., & Hartanti, L. P. S. 2016. Analisis Persediaan Bahan Baku PT. BS dengan Metode EOQ, *Jurnal GEMA AKTUALITA*, Vol. 05, No. 01, pp. 55-64.
- Kinanthi, A. P., Herlina, D. & Mahardika, F. A., 2016. Analisis Pengendalian Persediaan Raw material Menggunakan Metode Min-Max (Studi Kasus PT.Djitoe Indonesia Tobacco). *Jurnal Performa*, Vol. 15, No. 02, pp. 87-92.
- Kusuma, Y., Sumarauw, J. S. B., & Wangke, S. J. C. 2017. Analisis Sistem Manajemen Pergudangan pada CV Sulawesi Pratama Manado. *Jurnal EMBA*, Vol. 05, No. 02, pp. 602-6011.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P. & Sturrock, D. T., 2007. Simulation with Arena. s.l.:McGrawHill.
- Meyers, E. & Stephens, P. 2000. Manufacturing Facilities Design and Material Handling 2nd Edition. Prentice-Hall: New Jersey.
- Mutsika, Y. 2013. Analisis Key Performance Indicator Menggunakan Balanced Scorecard di Gudang Divisi Mesin Industri dan Jasa PT PINDAD. Tugas Akhir: Universitas Widyatama.
- Parmenter, D. 2007. Key Performance Indicators : Developing, Implementing, and Using Winning KPIs, 1 st, Edition. John Wiley & Sons, Inc: Hoboken, New Jersey.

- Paul, Y. & Lestari, Y. D. 2015. Managing Stock in Warehouse: A Case Study of A Retail Industry in Jakarta. *Journal of Business and Maagement*, Vol. 04, No. 07, pp. 830-843.
- Qurtubi, Jalal, R. A., & Safitri, W. 2018. Analisis Kinerja Gudang dengan Pendekatan Key Performance Indicator (KPI) dan Analitical Hierarchy Process (AHP). *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 6, No, 2, pp. 71-78.
- Rokhim, M. 2017. Penentuan Key Performance Indicator dengan Metode Balanced Scorecard. *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 18. No. 02, pp. 168-175.
- Saaty, T. L. (1990). How to Make Decision: The Analytical Hierarchy Process. *European Journal of Operation Research* , Vol. 48, pp. 9-26
- Saaty, Thomas L. & Ernest H. Forman. 1992. The Hierarchon: A, Dictionary of Hierarchies, Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications.
- Salam, A., & Mujiburrahman. 2018. Pengendalian Persediaan Bahan Baku menggunakan Metode Min-Max Stock pada Perusahaan Konveksi Gober Indo. *Jurnal Ekonomi dan Manajemen Teknologi*, Vol. 02, No. 01, pp 1-54.
- Satibi, Fudholi, A., Tuko, E. C., & Swastiandari, G. L. 2019. Pengendalian Persediaan, Fasilitas Penyimpanan dan Distribusi pada Industri Farmasi dalam Mendukung Ketersediaan Obat Era JKN. *JMPF*, Vol. 09, No. 01, pp. 27-37.
- Satriani, N. N., Cholissodin, I., & Fauzi, M. A. 2018. Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Calon Penerima Beasiswa BBP-PPA Menggunakan Metode AHP-PROMETHEE I Studi Kasus: FILKOM Universitas Brawijaya. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 02, No. 07, pp. 2780– 2788.
- Sulaiman, F., & Nanda. 2015. Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Menggunakan Metode EOQ pada UD Adi Mabel. *Jurnal Teknovasi*, Vol. 02, No. 01, pp 1-11.
- Sumiati & Iriani. 2017. Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Menggunakan Simulasi Monte Carlo di UD Selebriti. *Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 12, No. 02, pp. 44-55.
- Warman, J. 2004. Manajemen Pergudangan. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan

LAMPIRAN

Data *Expert*

Nama Responden	Jabatan	Keterangan
Bapak	<i>Superintendent</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan proses penerimaan material ke gudang penerimaan bahan baku meliputi kegiatan administrasinya.
Nawang	<i>Raw Material pada Supply Department</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Menyusun laporan hasil kegiatan pengelolaan gudang bahan baku • Melakukan monitoring dan evaluasi pada aktivitas gudang terkait penerimaan, penyimpanan, penempatan, perawatan material, dan penambahan atau pengurangan material.