



TESIS PM-147501

**PEMODELAN MANAJEMEN *INVENTORY* PADA
SUPPLY CHAIN INDUSTRI SEMEN DENGAN
MENGUNAKAN SIMULASI**

ISMAIL
NRP. 09211650015020

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, MSc, PhD

DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

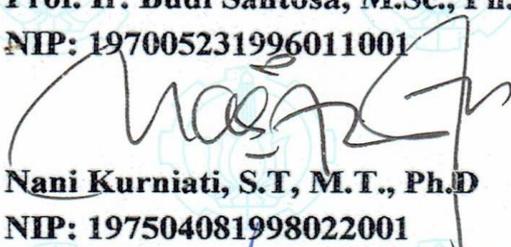
LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
oleh :

I s m a i l
NRP. 09211650015020

Tanggal Ujian : 14 Juli 2018
Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh:

- 
1. Prof. Ir. Budi Santosa, M.Sc., Ph.D (Pembimbing)
NIP: 197005231996011001
- 
2. Nani Kurniati, S.T, M.T., Ph.D (Penguji I)
NIP: 197504081998022001
- 
3. Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D (Penguji II)
NIP: 198407062009122007

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi,


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

ABSTRAK

Manajemen persediaan merupakan salah satu fungsi yang sangat penting didalam industri semen, Persediaan yang berlebihan akan menyebabkan pengeluaran biaya yang tinggi, sedangkan persediaan yang tidak cukup akan menyebabkan terhambatnya kelancaran produksi. Industri semen sendiri sangat identik dengan penggunaan *raw material* yang keberadaannya sangat terbatas sehingga perencanaan yang matang dalam hal penyediaan *raw material* menjadi sangat penting. Dalam industri semen sendiri *supply chain* memerankan peranan yang sangat vital dalam mengintegrasikan proses bisnis dari *raw material* hingga kepada konsumen akhir. Dalam study ini akan dibahas bagaimana melakukan simulasi *supply chain* dengan menyeimbangkan biaya *inventory raw material* dengan pemenuhan kebutuhan pada proses selanjutnya, skenario simulasi akan lebih di fokuskan pada *performance metrics* yang dapat di konversikan kedalam ukuran keuangan yaitu meliputi: *service level* proses selanjutnya, biaya *reorder* serta biaya *inventory raw material*. Hasil dari simulasi dan pemodelan manajemen *inventory* yang dilakukan dengan 4 skenario kebijakan *inventory* yang berbeda memberikan hasil bahwa strategi *inventory* (S, t) memiliki nilai *inventory* paling rendah dari skenario yang lain namun masih memiliki biaya *reorder* yang tinggi.

Kata kunci : Industri Semen, *Supply Chain*, Simulasi, *Inventory*, *Raw Material*.

(Halaman ini Sengaja di Kosongkan)

MODELLING INVENTORY MANAGEMENT IN SUPPLY CHAIN CEMENT INDUSTRY USING SIMULATION

Name : Ismail
NRP : 09211650015020
Advisor : Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, MSc, PhD

ABSTRACT

Inventory management is one of the most important functions in the cement industry. Excessive inventory will lead to high expenditures, while insufficient inventory will lead to inhibition of production process. In the other hand cement industry is very synonymous with the consumption of raw material that is limited from natural resources. Because of that all reason, careful planning in terms of raw material provision becomes very important. In the cement industry own supply chain plays a very vital role in integrating business processes from raw materials to final customers. In order to know and implement strategies to build and improve supply chain network, simulation is used as one of the tools for modelling supply chain system in cement industry. In this study it will typically focus on the following key performance metrics, which eventually can be translated to monetary measures: customer /next process service levels, reorder cost and inventory cost. The result of simulation and modeling of inventory management performed with 4 different inventory policy scenarios gives result that inventory strategy (S, t) has the lowest inventory value from other scenarios but still has high reorder cost.

Keywords: Cement Industry, Supply Chain, Simulation, Inventory, Raw Material

(Halaman ini Sengaja di Kosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala karunia nikmat serta hidayahnya kami dapat menyusun thesis yang berjudul “Pemodelan Manajemen *Inventory* Pada *Supply Chain* Industri Semen Dengan Menggunakan Simulasi” dengan lancar dan tepat waktu.

Selesainya penyusunan penelitian ini tidak lepas dari bantuan, support, arahan dan bimbingan banyak pihak. Oleh sebab itu penyusun ingin sampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta keluarga (Istri & Anak) yang telah memberikan do'a, dan dukungan, sehingga penyusunan penelitian ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, M. Sc, PhD, selaku pembimbing penyusunan thesis ini.
3. Bapak Hermawan Selaku atasan penulis di PT. HIJ, tbk yang telah memberikan kesempatan dan perizinan bagi penulis untuk melanjutkan studi di MMT

Segenap dosen MMT ITS atas segala ilmu dan bimbingannya.

Teman-teman MMT Manajemen Indutri kelas Executive angkatan 2016 yang telah saling memotivasi dan membantu terselesainya proposal penelitian ini.

Seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Meski demikian, penyusun merasa masih banyak kesalahan dalam penyusunan penelitian ini. Oleh sebab ini penyusun sangat terbuka menerima kritik dan saran yang membangun untuk dijadikan sebagai bahan evaluasi.

Akhir kata, semoga penelitian ini dapat diterima sebagai gagasan *improvement* yang dapat di terapkan di perusahaan dan menjadi sarana penulis sebagai prasyarat akhir perkuliahan di MMT.

Tuban, 25 Juni 2018

Penyusun

(Halaman ini Sengaja di Kosongkan)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	15
1.1 Latar Belakang Penelitian	15
1.2 Rumusan Masalah	17
1.3 Tujuan Penelitian	18
1.4 Manfaat Penelitian	18
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	18
1.5.1 Batasan	18
1.5.2 Asumsi	19
1.6 Sistematika Penulisan	19
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	21
2.1 <i>Supply Chain Operating Model (SCOR)</i> industri semen	21
2.2 Aliran material dalam proses produksi semen	22
2.2.1 Aliran material pada <i>Raw Meal Preparation</i>	22
2.2.2 Aliran material pada produksi <i>Clinker</i>	23
2.2.3 Aliran material pada <i>cement grinding</i>	25
2.3 Model Persediaan	25
2.3.1 Model Deterministik	26
2.3.2 Model Stokastik (Probabilistik)	26
2.4 Kategori Biaya	26
2.4.1 Biaya Pembelian atau Produksi	26
2.4.2 Biaya Pemesanan	27
2.4.3 Biaya Penyimpanan	27
2.4.4 <i>Stock-Out Cost</i>	27
2.5 Titik Pemesanan Kembali (<i>Reorder Point</i>)	27
2.6 Metode Pengendalian Persediaan	28

2.6.1 <i>Continuous Review</i>	28
2.5.2 <i>Periodic Review (R, s, S)</i>	29
2.7 Simulasi <i>supply chain</i> pada industri semen	30
2.6 Posisi Penelitian	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	37
3.1.1 Pengumpulan Data	38
3.1.2 Pembuatan model Konseptual	39
3.1.3 Pembuatan model simulasi	40
3.1.4 Validasi dan verifikasi model	40
3.1.5 Pengolahan Data	41
3.2 Tahap Analisa dan Kesimpulan	42
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	43
4.1 Pengumpulan Data	43
4.1.1 Analisa ABC dan Pareto diagram	43
4.1.2 <i>Problem Statement</i>	44
4.1.3 Pola distribusi pada kedatangan batubara	49
4.1.4 Pola distribusi pada proses <i>discharging</i> batubara	51
4.1.5 Pola distribusi pada proses <i>reclaiming</i> batubara	52
4.2 Pengolahan data dengan Model simulasi	52
4.2.1 Penggambaran model <i>base case</i>	52
4.2.2 Validasi dan verifikasi model <i>base case</i>	53
4.2.3 Gambaran model modifikasi <i>base case</i>	56
4.2.4 Skenario usulan perbaikan	60
4.2.5 Hasil dan Analisa output skenario perbaikan	61
4.2.6 Implikasi <i>management</i> terhadap usulan skenario simulasi	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
DAFTAR PUSTAKA	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rangkuman dari karakteristik <i>Supply Chain</i> dalam industri semen	22
Gambar 2. 2 Proses aliran material pada <i>Raw Material Preparation</i>	23
Gambar 2. 3 Proses aliran material pada <i>coal mill</i>	24
Gambar 2. 4 Proses aliran material pada <i>preheater</i> dan <i>Kiln</i>	24
Gambar 2. 5 Proses aliran material pada <i>Cement Mill</i> dan <i>Dispatch</i>	25
Gambar 2. 6 Titik pemesanan ulang dan tenggang waktu	28
Gambar 2. 7 Model <i>Supply Chain Process</i> pada industri semen	30
Gambar 3. 1 Diagram alir metode penelitian	38
Gambar 3. 2 Model konseptual supply chain management inventory raw material	39
Gambar 4. 1 Diagram Pareto valuation material.....	44
Gambar 4. 2 fasilitas discharging coal di jetty area meliputi grab, belt conveyor dan dome storage.....	45
Gambar 4. 3 Flow Proses Raw Material Coal handling & storing.....	47
Gambar 4. 4 Hasil fitting volume kedatangan batubara dalam daily basis.....	50
Gambar 4. 5 Proses discharging batubara dari barge.....	51
Gambar 4. 6 Hasil output fitting distribusi data jumlah konsumsi batubara.....	52
Gambar 4. 7 Model base case arena.....	53
Gambar 4. 8 Model base case arena yang di modifikasi sesuai dengan rancangan skenario usulan.....	56
Gambar 4. 9 Model base case arena modifikasi pada stage raw material management	56
Gambar 4. 10 Model base case arena modifikasi pada stage consumption management	58
Gambar 4. 11 Parameter running software arena.....	62

(Halaman ini Sengaja di Kosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Posisi Penelitian	35
Tabel 4. 1	Data volume konsumsi all raw material material beserta harga di tahun 2017.....	43
Tabel 4. 2	Klasifikasi ABC Material.....	44
Tabel 4. 3	Data kedatangan batubara selama tahun 2017	49
Tabel 4. 4	Komparasi Rataan dan standar deviasi inventory hasil simulasi base case vs real data.....	54
Tabel 4. 5	Hasil Running simulasi inventory management batubara PT. HIJ	63

(Halaman ini Sengaja di Kosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bagian pendahuluan ini akan dijelaskan mengenai latar belakang penyusunan penelitian, perumusan masalah, tujuan dan manfaat dilakukan penelitian serta ruang lingkup penelitian yang terdiri atas batasan dan asumsi.

1.1 Latar Belakang Penelitian

Manajemen persediaan merupakan salah satu fungsi yang sangat penting dalam industri semen, khususnya pada manajemen produksi dan operasi. Persediaan yang berlebihan akan menyebabkan pengeluaran biaya yang tinggi seperti biaya beban bunga pinjaman, biaya penyimpanan, risiko kerusakan pada persediaan. Sedangkan persediaan yang tidak cukup akan menyebabkan terhambatnya kelancaran produksi sehingga memiliki risiko hilangnya penjualan dan ketidakpuasan pelanggan akibat produk yang diinginkannya tidak dapat diterima pada waktu yang tepat. Manajemen Persediaan yang baik adalah Manajemen persediaan yang dapat menjaga keseimbangan antara investasi persediaan dengan tingkat pelayanan kepada konsumen.

Sustainability juga menjadi issue yang cukup krusial dimana industri semen memanfaatkan sumber daya alam untuk di eksplorasi dan di eksploitasi disaat keberadaan sumber daya tersebut sangat terbatas. Sehingga perencanaan yang matang dalam hal penyediaan *raw material* yang optimum menjadi sangat penting. Membangun dan mengimplementasikan kerangka strategi *supply chain management* di industri semen akan berimbas secara langsung terhadap peningkatan produktivitas, memaksimalkan efisiensi dan meminimalkan biaya serta dampak ekologi (lingkungan).

Secara tradisional *supply chain* memerankan peran yang vital dalam industri semen. Manajemen dari *supply chain* semen akan memungkinkan operasi dalam manufaktur dan logistik yang terintegrasi menjadi suatu jaringan yang lebih mulus untuk menjaga keberlanjutan aliran proses bisnis di perusahaan semen dari Sumber *raw material* hingga sampai kepada konsumen akhir. Lebih lanjut *supply chain management* dalam industri semen bisa di definisikan sebagai suatu

kegiatan untuk mengintegrasikan unit organisasi sepanjang rantai pasok dengan mengkoordinasikan material, informasi dan aliran keuangan agar mampu memenuhi kebutuhan konsumen dengan tujuan meningkatkan daya saing dari sistem *supply chain* secara menyeluruh. Integrasi *supply chain* mempertimbangkan hubungan yang sistematis antara bisnis proses internal dan eksternal melalui manajemen operasi untuk mengontrol informasi, material dan *cashflow* secara efektif.

Simulasi didefinisikan sebagai tiruan dari proses nyata yang terjadi dalam sebuah kerangka waktu tertentu. *Tools* simulasi secara spesifik di desain untuk membatasi efek sementara dari sebuah pengukuran, yang bisa dijadikan untuk mengestimasi beberapa pengukuran efisiensi pada sistem produksi, sistem persediaan, proses manufaktur, *material handling* dan operasi logistik. Agar dapat mengetahui dan mengimplementasikan strategi untuk membangun dan meningkatkan jaringan *supply chain*, beberapa cara digunakan di Industri semen. Simulasi menggunakan komputer merupakan salah satu metode yang populer untuk memodelkan sistem *supply chain* semen, agar kerangka strategi *supply chain*-nya dapat diidentifikasi, diimplementasikan dan dioptimumkan dan untuk mendemonstrasikan nilai dari sebuah strategi *supply chain* yang berkelanjutan dalam industri semen, maka dilakukan studi simulasi terhadap *supply chain* dalam industri semen.

Metode simulasi *event diskrit* merupakan suatu metode analisis yang lazim digunakan dalam penelitian operasi, yang memberikan kemudahan peneliti untuk menilai efisiensi sistem yang sudah terbangun dengan merumuskan “*what-if*” *questions* (Jacobson, 2006). Menurut Benko (2010), sistem persediaan merupakan hal yang cukup sulit jika dianalisis dengan metode selain simulasi karena tujuan akhir penelitian biasanya didasarkan pada keseimbangan biaya yang harus dikeluarkan dengan pemenuhan permintaan pelanggan, serta data kedatangan material membentuk pola distribusi yang belum tentu berdistribusi normal. Pola variabilitas data inilah yang mendorong digunakannya simulasi untuk memodelkan sistem *supply chain*. Selain itu karakteristik sistem model dari *supply chain* industri semen adalah deterministik dan dinamis sehingga tidak dapat diselesaikan secara pendekatan matematis.

Pada kasus persediaan jika perilaku stokastik hanya pada jumlah *demand* dan atau *lead time* maka dapat digunakan jenis simulasi *Monte Carlo*. Akan tetapi jika waktu antar kedatangan order 1,2,3 dst di *capture* sehingga terdapat antrian pada pemenuhan permintaan dipertimbangkan maka termasuk kedalam kategori simulasi *event diskrit* (Robinson, 2011). Pada studi kasus *inventory* material yang ada dalam PT. HIJ sendiri, terdapat beberapa antrian dalam kedatangannya (antrian moda truck maupun moda barge) serta antrian saat proses menyimpan kedalam *storage* dimana parameter aktualnya tidak hanya mengacu pada jumlah *demand* dan *lead time* saja sehingga metode simulasi yang cocok adalah simulasi *event diskrit*.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai gambaran proses *supply chain management* dalam industri Semen untuk kemudian dibangun sebuah model simulasi dengan menggunakan *software Arena* berdasarkan input data konsumsi dan kedatangan raw material aktual, untuk kemudian di simulasikan kedalam 4 skenario :

1. (Q, t) Sistem persediaan yang mengkombinasikan pengelolaan waktu pengisian dan kuantitas pengisian
2. (Q, s) Sistem persediaan yang menitikberatkan pengelolaan persediaan berdasarkan kuantitas pengisian dan batas pengisian (*safety stock level*)
3. (S, t) Sistem persediaan yang berfokus pada pengelolaan persediaan berdasarkan batas persediaan dan waktu pengisian
4. (S, s) Sistem persediaan yang menjadikan batas persediaan dan batas pengisian sebagai parameter dilakukannya pengisian persediaan

Dari ke empat skenario tersebut akan diolah dan disimulasikan sehingga dapat didapatkan hasil output simulasi yang nantinya dipergunakan sebagai pembandingan dalam mengevaluasi sistem persediaan yang selama ini digunakan untuk memproduksi semen, dan sebagai referensi di dalam melakukan perencanaan kebutuhan material serta dapat di bandingkan kondisi *inventory* serta analisa biaya *inventory* dari keempat kondisi tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui model operasi jaringan *supply chain* dalam industri manufaktur semen.
2. Melakukan simulasi untuk membandingkan kondisi *inventory* dan biaya terkait dengan 4 skenario yang berbeda ((Q, t), (Q, s), (S, t) dan (S, s)).
3. Melakukan *periodic* dan *continuous review* terhadap manajemen persediaan yang di terapkan oleh perusahaan

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengoptimalkan jumlah *inventory raw material* didalam *plant* sesuai dengan kebutuhan.
2. Menghindari terjadinya *shortage raw material* dan *excess raw material* dengan *planning* yang tepat
3. Mensimulasikan jumlah material yang harus di simpan sesuai dengan target NWC (*net working capital*) yang telah di targetkan oleh manajemen.
4. Membandingkan kondisi *inventory* dengan skenario pada kondisi strategi persediaan yang berbeda-beda

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini mencakup pada batasan dan asumsi penelitian.

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada pabrik semen PT. HIJ yang berlokasi di kota Tuban, Jawa timur.
2. Data kedatangan actual raw material berasal dari SAP, serta data *intermediate product* berupa produksi *raw meal* dan *clinker* didapatkan dari data aktual produksi.
3. Data *demand* semen tidak diikutkan ke dalam simulasi dan hanya menjadi referensi untuk validasi dan verifikasi model simulasi

4. Penelitian hanya membahas simulasi dari *raw material* padat yang dikonsumsi untuk produksi semen dari pembelian (*purchased raw material* diantaranya : *Silica, Pozzolan, Iron sand, Coal, Gypsum*)

1.5.2 Asumsi

Adapun asumsi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ketiga parameter *inventory* yang di jadikan asumsi dalam simulasi hanya pada 4 strategi persediaan yang berbeda.
2. *Raw material* yang di order semuanya di konsumsi di dalam pabrik dan tidak ada yang dikembalikan (*return*) kepada supplier.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun struktur penelitian ini disusun berdasarkan kerangka sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi uraian tentang penelitian yang relevan dengan penelitian ini. Berisi tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah. Teori yang digunakan mengenai konsep *supply chain operating model* dalam industri semen, gambaran aliran *raw material* dalam industri semen, tinjauan model dan biaya persediaan serta penggunaan simulasi untuk *supply chain management* pada industri semen.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan kerangka pemikiran, teknik pengumpulan data, metode pembuatan model dan metode analisis dari output *software simulasi*.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi tentang bagaimana mengumpulkan data-data yang di perlukan untuk menunjang penelitian berdasarkan model simulasi yang akan dibuat, pembuatan model simulasi hingga *running* simulasi sesuai tujuan yang ingin didapatkan

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Bab ini berisi tentang penjelasan dari *output* pengolahan data yang dilakukan (simulasi) sehingga memiliki nilai dan manfaat sesuai dengan tujuan penelitian.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian berupa kesimpulan dan saran bagi peningkatan perusahaan dan juga untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

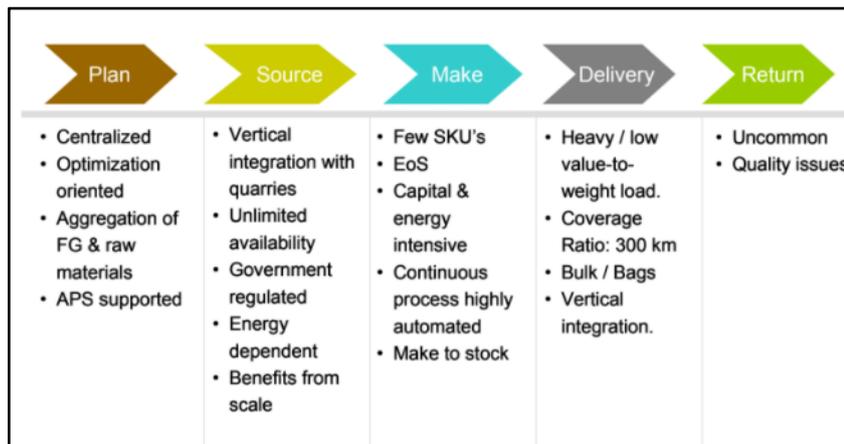
Pada bab ini dijelaskan mengenai *supply chain operating model* dalam industri semen, analisa diagram aliran material yang terjadi dalam industri semen tinjauan tentang model dan biaya persediaan serta simulasi *supply chain* pada industri semen.

2.1 Supply Chain Operating Model (SCOR) industri semen

Proses perencanaan pada industri semen adalah terpusat (*centralized*) dan berorientasi pada optimisasi. tidak ada hambatan pada ketersediaan bahan baku (*raw material*).

Terdapat lima proses yang didefinisikan pada SCOR model yaitu *Plan*, *Source*, *Make*, *Deliver* dan *Return*.

- *Plan* termasuk proses manajemen dalam perencanaan agregat *supply* dan *demand*. perencanaan ini memicu beberapa hal yang harus dilakukan untuk dapat memenuhi proses selanjutnya yaitu *source*, *make* dan *deliver*.
- *Source* adalah seperti sebuah payung dari sebuah ‘proses’, dimana pengadaan *raw material* dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pabrik/industri. Dari fungsi strategis seperti mengidentifikasi dan memilih sumber *supply*, hingga kepada operasional dan aktivitas taktis. *Source* juga meliputi manajemen resiko, kontrak dan negoisasi
- *Make* mengcover proses transformasi product dari *raw material* menjadi produk jadi. Didalamnya meliputi proses seperti penjadwalan, *work in process inventory control*, *testing* dan juga *packaging*.
- *Delivery* adalah sebuah payung bagi sebuah proses yang memberikan sebuah *finished product* untuk memenuhi permintaan konsumen. didalamnya termasuk manajemen pesanan, manajemen transportasi dan manajemen distribusi.
- *Return* mengcover dua jenis proses, yaitu pengembalian *raw material* kepada supplier dan pengembalian produk jadi dari konsumen



Gambar 2. 1 Rangkuman dari karakteristik *Supply Chain* dalam industri semen

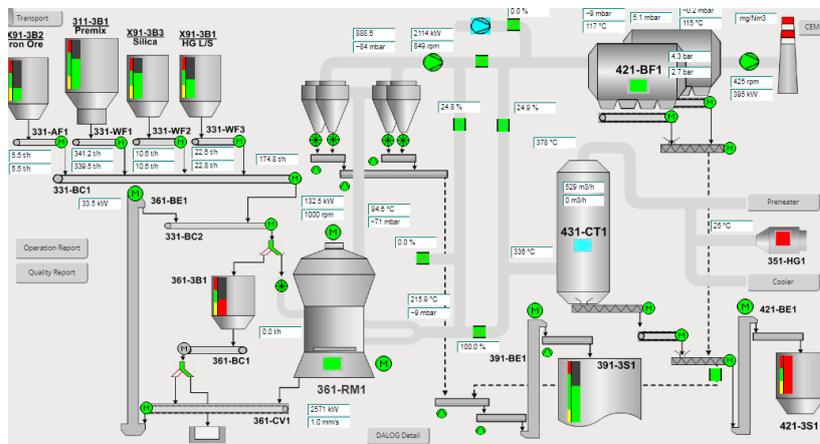
2.2 Aliran material dalam proses produksi semen

Karena dalam penelitian ini akan di buat sebuah simulasi terkait proses produksi semen maka tinjauan tentang proses produksi juga akan di jelaskan. Bagian terpenting dari alat yang digunakan untuk memproduksi semen adalah *motor electric*, pompa, kompresor, transformer, tungku, kipas (*fan*), *blower*, *conveyor*, *chillers*, *cooling towers*, *kiln*, sistem transport dan sistem pencahayaan (Madloul et al.,2011). *Klinker* di produksi dengan cara pembakaran dari campuran material bahan utama berupa *limestone* dan *clay* dengan ditambahkan bahan pengoreksi berupa pasir besi dan pasir silika. Hasil pembakaran dan pendinginan berupa klinker (semen setengah jadi). Untuk membentuk menjadi semen, klinker akan di campur dengan material *pozzolan* (Trass) dan *Gypsum* untuk kemudian digiling bersama hingga mencapai kadar kelembutan (*blaine*) tertentu, dan di simpan di dalam semen silo. Biasanya proses manufaktur dasar dari semen dibagi menjadi 3 tahapan yaitu : persiapan *raw material*, proses produksi klinker dan proses *grinding* semen.

2.2.1 Aliran material pada *Raw Meal Preparation*

Persiapan pada *raw material* mencakup penggilingan primer dan sekunder dari material *quarry*, pengeringan material kemudian penggilingan dan pencampuran (*blending*) dari material. *Limestone mined* dimasukkan kedalam *primary* dan *secondary crusher* dimana ukurannya berkurang menjadi 25 mm.

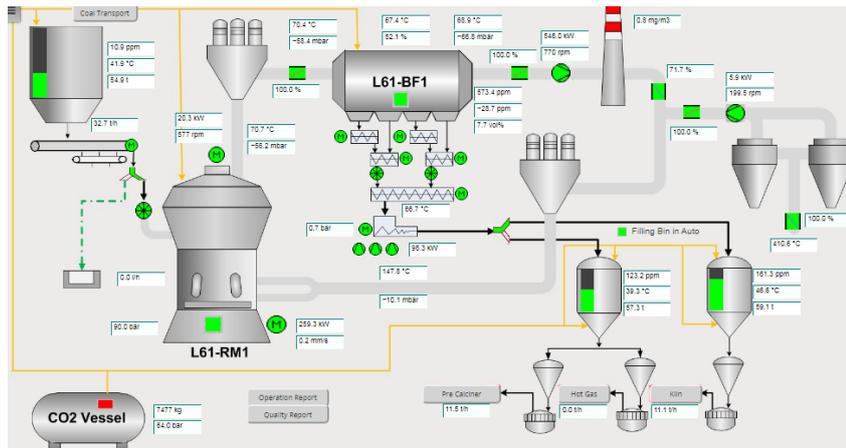
Material lainnya seperti pasir besi, tanah liat dan silika diperlukan untuk mencapai komposisi kimia *raw feed* yang diinginkan. Beberapa material tersebut kemudian dicampur dan digiling bersama untuk memproduksi “*raw meal*”. Sebelum dicampur material-material tersebut ditempatkan kedalam *bin*, untuk kemudian akan diumpungkan pada mesin *raw mill* menggunakan transport *belt conveyor* dimana sebelumnya melalui *weigh feeder* yang telah di setting sesuai dengan proporsi yang dibutuhkan. Hasil dari proses penggilingan di mesin *raw mill* akan disimpan kedalam sebuah *blending silo* untuk proses *homogenisasi*.



Gambar 2. 2 Proses aliran material pada *Raw Material Preparation*

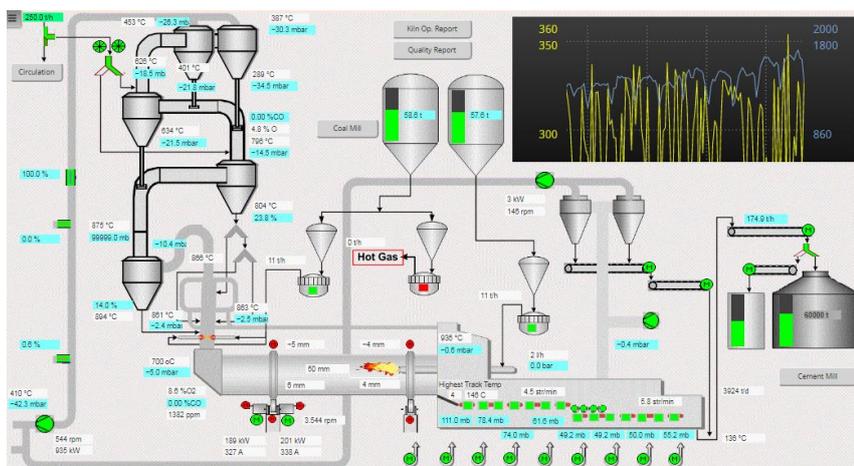
2.2.2 Aliran material pada produksi *Clinker*

Batubara merupakan bahan yang dibakar didalam *kiln* untuk menghasilkan panas. *Raw coal* yang di simpan di dalam *stockpile* di transport kedalam *coal mill* untuk digiling hingga halus. *Coal mill* berupa *vertical roller mill*, dimana *fine coal* yang dihasilkan dari proses penggilingan dikumpulkan di dalam *bag filter* melalui *grit separator*. Ukuran batubara yang di haruskan adalah 80% dari 90 mikronmeter dan kurang dari 2% dari 212 mikronmeter (Atmaca dan Yumrutas, 2014). Gas panas yang dihasilkan dari *preheater* akan digunakan untuk mengeringkan batubara didalam *coal mill*. untuk kemudian batubara yang telah lumat akan dihomogenkan didalam *silo* batubara. sebagai persiapan untuk di kalsinasikan didalam *calciner system* dan sebagai bahan untuk memanaskan dan membentuk klinker didalam kiln.



Gambar 2. 3 Proses aliran material pada coal mill

Proses *clinkering* merupakan proses utama dalam sebuah proses manufaktur pabrik semen. Fungsi dari *kiln* pada industri semen adalah mengkonversi *limestone* menjadi *lime*, untuk kemudian bereaksi dengan silika, *aluminium oksida* dan *ferric oksida* untuk membentuk campuran *clinker* : C_3S , C_2S , C_3A dan C_4AF . *Kiln* adalah jantung dari proses produksi. pada *stage* produksi *clinker*, *raw meal* diumpungkan dari atas *preheater tower*, dimana dengan gaya gravitasi akan dipanaskan dari atas kebawah hingga mencapai ujung *kiln*. Gas buang panas dari *rotary kiln* akan bergerak berlawanan arah dengan arah material *raw mill*, sehingga material *raw mill* akan menerima panas dari *Hot gas* yang di hembuskan dari sisa pembakaran tersebut.

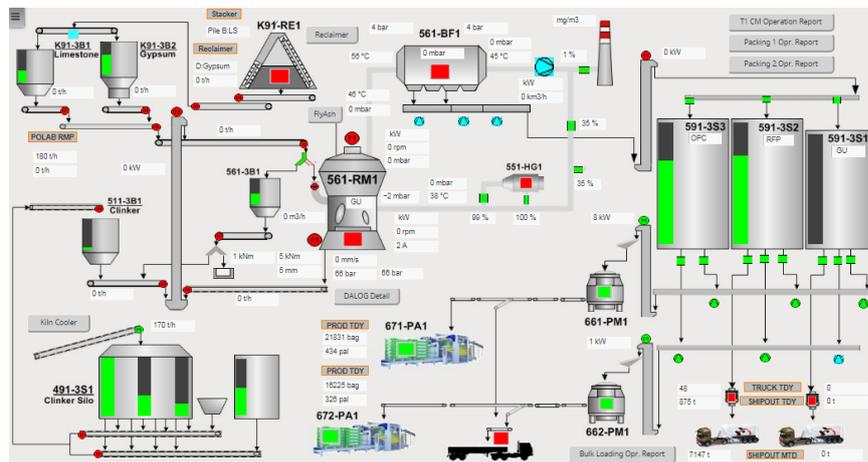


Gambar 2. 4 Proses aliran material pada preheater dan Kiln

2.2.3 Aliran material pada *cement grinding*

Stage ini adalah proses terakhir dari rangkaian proses produksi semen. *Gypsum* akan dicampur dengan klinker, bersama dengan material lain seperti *pozzolan* untuk dapat menghasilkan semen. semua jenis tipe semen mengandung kurang lebih 4-5% *gypsum* untuk mengontrol *setting time* dari produk. Komponen mineral lainnya seperti *slag*, *fly ash*, *limestone* dan material lain digunakan juga sebagai campuran untuk menggantikan klinker (mengurangi *clinker factor*).

Proses *finish milling* adalah proses menghaluskan klinker untuk didapatkan butiran yang lembut. klinker, *gypsum* dan bahan *additive* lain di sinkronkan sesuai proporsi yang diinginkan dengan menggunakan *weigh feeder*. Proses penggilingan terjadi pada sistem yang tertutup dengan proses pemisahan udara yang membagi partikel semen kedalam beberapa ukuran yang di kehendaki. partikel yang masih kasar akan jatuh kembali dan digiling ulang hingga mencapai kehalusan yang diinginkan. Hasil proses penggilingan berupa partikel halus akan di transfer kedalam tempat penyimpanan (*silo*) dengan mengalirkannya menggunakan pompa *pneumatic*. Untk selanjutnya semen yang telah disimpan didalam silo akan di *dispatch* baik kedalam kemasan *bulk* ataupun di *packing* dalam kemasan *bag*.



Gambar 2. 5 Proses aliran material pada *Cement Mill* dan *Dispatch*

2.3 Model Persediaan

Adapun model persediaan dibagi menjadi dua yaitu model deterministik dan model stokastik.

2.3.1 Model Deterministik

Model Deterministik adalah model yang menganggap nilai-nilai parameter telah diketahui dengan pasti. Model ini dibedakan menjadi dua:

a. **Deterministik Statis.**

Di dalam model ini total permintaan setiap unit barang pada setiap periode waktu diketahui dan bersifat konstan serta laju permintaan adalah sama untuk setiap periode.

b. **Deterministik Dinamik.**

Dalam model ini permintaan untuk setiap periode diketahui dan konstan, tetapi laju permintaan dapat bervariasi dari satu periode ke periode lainnya.

2.3.2 Model Stokastik (Probabilistik)

Model stokastik adalah model yang menganggap bahwa nilai-nilai parameter merupakan nilai-nilai yang tidak tetap dengan satu atau lebih parameter tersebut merupakan variabel random. Model ini dibedakan menjadi dua:

a. **Probabilistik Statik.**

Dalam model ini variabel permintaan bersifat random dan distribusi probabilistik dipengaruhi oleh waktu setiap periode.

b. **Stokastik Dinamik**

Model ini mirip dengan probabilistik statik dengan pengecualian bahwa distribusi probabilitas permintaan dapat bervariasi dari satu periode ke periode lainnya.

2.4 Kategori Biaya

Umumnya terdapat empat kategori biaya persediaan yang menentukan jawab optimal masalah persediaan, yaitu:

2.4.1 Biaya Pembelian atau Produksi

Biaya pembelian adalah harga pembelian atau produksi yang memperlihatkan dua jenis biaya yaitu:

- a) Jika harga pembelian adalah tetap maka ongkos persatuan adalah juga tetap, tanpa melihat jumlah yang dibeli.

- b) Jika diskon tersedia maka harga per satuan adalah variable tergantung pada jumlah pembelian.

2.4.2 Biaya Pemesanan

Pada umumnya, jumlah *ordering cost* menurun atau menaik sesuai dengan jumlah pesanan. Biaya pemesanan ini biasanya mencakup beberapa hal, seperti: biaya transportasi untuk mengangkut pemesanan, gaji pegawai yang terlibat dalam pemesanan, seluruh perlengkapan yang digunakan dalam pemesanan, termasuk formulir, telepon, dan biaya-biaya lainnya.

2.4.3 Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan terdiri dari semua ongkos yang berhubungan dengan biaya penyimpanan dalam stok. Biaya ini meliputi bunga modal yang tertanam dalam persediaan, sewa gudang, asuransi, dan lain sebagainya. Biaya ini sebanding dengan jumlah persediaan di dalam stok.

2.4.4 Stock-Out Cost

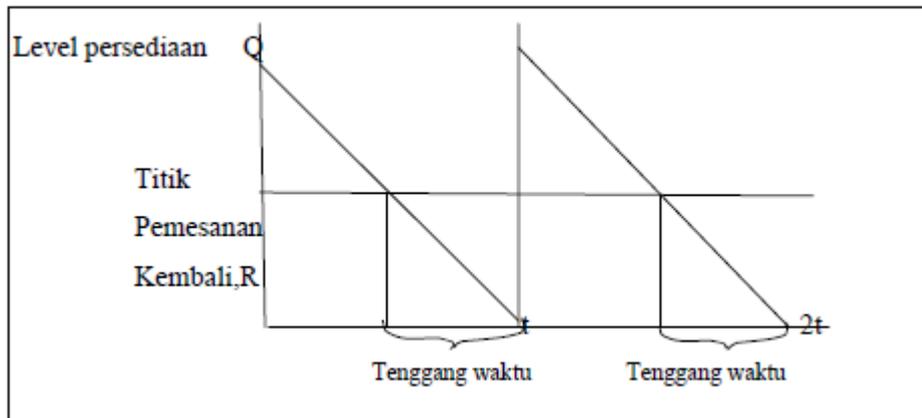
Biaya ini timbul akibat tidak terpenuhinya kebutuhan pelanggan yaitu ketika permintaan lebih besar dari pada persediaan. Pada persediaan material apabila persediaan mengalami *stockout* akan berdampak pada kerugian (*loss time*) pada proses selanjutnya.

2.5 Titik Pemesanan Kembali (*Reorder Point*)

Reorder point (titik pemesanan kembali) adalah suatu tingkat persediaan yang tetap ada dalam stok yang jumlahnya sama dengan permintaan selama masa waktu yang dibutuhkan untuk menerima pesanan (disebut *lead time*).

Ketika permintaan bersifat pasti, persediaan akan berkurang / dihabiskan pada tingkat yang diketahui, sehingga pesanan akan sampai tepat pada saat level persediaan mencapai titik nol.

Titik pemesanan kembali (*Reorder Point*) pada permintaan pasti dalam model EOQ (*Economic Order Quantity*) ditunjukkan dalam gambar berikut ini:



Gambar 2. 6 Titik pemesanan ulang dan tenggang waktu

2.6 Metode Pengendalian Persediaan

Dalam metode pengendalian persediaan dikenal 2 jenis yaitu *continuous review* dan *Periodic review*.

2.6.1 *Continuous Review*

Dalam *continuous review policy* peninjauan persediaan dilakukan secara kontinu atau terus menerus dan permintaan dilakukan ketika persediaan mencapai tingkat tertentu atau *reorder point* (Silver, dkk. 1998). *Continuous review policy* adalah pemantauan persediaan secara berkelanjutan dan sebuah order sebesar Q akan ditempatkan apabila persediaan berada dalam posisi *reorder point* (ROP). Besarnya order pada kebijakan ini selalu tetap sedangkan yang mengalami fluktuasi adalah interval ordernya (Chopra & Meindl, 2014). Sedangkan menurut Simchi-levi (2007) *continuous review policy* yang mana tingkat persediaan akan diperiksa secara terus-menerus dan akan melakukan pemesanan ketika berada pada batas tingkat khusus atau reorder point. Kebijakan *continuous review* terbagi menjadi dua, yaitu (s, Q) dan (s, S) . Kebijakan (s, S) system juga termasuk dalam bentuk *continuous review* dan seperti sistem (s, Q) pemesanan dilakukan ketika posisi persediaan berada pada titik pesan s atau dibawahnya. Namun berbeda dengan sistem (s, Q) , variabel jumlah pesanan digunakan untuk menaikkan posisi persediaan sehingga mencapai tingkat S (*order-up-to-level*). Sistem (s, S) biasanya juga disebut sebagai min-max system karena posisi persediaan selalu berada diantara nilai minimum dari s dan nilai maksimum dari S . Keunggulan dari

sistem (s, S) dapat ditunjukkan pada total biaya pemesanan, penyimpanan dan kekurangan yang nilainya tidak lebih besar dari sistem (s, Q). Kelemahan sistem (s, S) ini adalah adanya variasi dalam jumlah pemesanan. Supplier dapat membuat kesalahan lebih sering dan mereka memilih jumlah pesanan yang tetap (Silver, dkk. 1998).

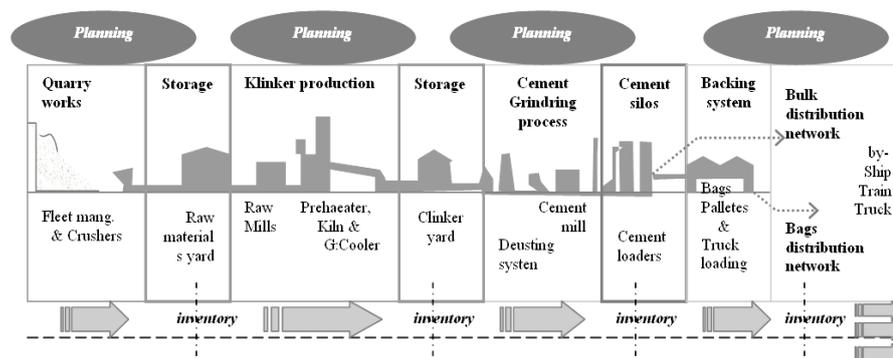
2.5.2 *Periodic Review (R, s, S)*

Metode *periodic review (R, s, S)* adalah metode pengendalian persediaan yang menggunakan tiga buah parameter sebagai dasar pengambilan keputusan 23 dalam pengelolaan persediaan. Parameter pertama adalah *reorder point (s)* berupa titik di mana pemesanan akan dilakukan bila tingkat persediaan sudah mencapai atau berada di bawah titik *reorder point* tersebut. Parameter kedua adalah *maximum level inventory* atau titik batas persediaan maksimum. Titik ini merupakan ambang batas persediaan boleh disimpan. Dan parameter ketiga adalah parameter tinjauan persediaan atau *internal review (R)* Pada saat persediaan suatu item turun mencapai *reorder point* karena memenuhi permintaan, maka pada saat itu pula dilakukan pemesanan untuk mengisi kembali persediaan hingga tingkat persediaan setinggi parameter S. Namun hal ini hanya terjadi secara otomatis pada sistem *continuous review replenishment* di mana pemesanan akan langsung dilakukan pada saat persediaan jatuh di bawah *reorder point*. Pada sistem *periodic review*, pemesanan hanya akan dilakukan pada saat *periode internal review*. Sehingga frekuensi pemesanan dapat ditekan dengan tujuan minimasi biaya penyimpanan sekaligus biaya pengadaan. Menurut Silver et al. (1998), berdasarkan asumsi umum mengenai pola permintaan dan biaya-biaya, sistem persediaan *periodic review (R, s, S)* dapat menghasilkan total biaya *replenishment*, penyimpanan dan *backorder* yang lebih rendah dari sistem lain. Model persediaan (R, s, S) diklaim efektif digunakan untuk manajemen persediaan material baik *slow moving* maupun *fast moving* (Babai et al., 2010). Pada dasarnya sistem persediaan *periodic review (R, s, S)* ini mirip dengan *continuous review (s, S)* yang telah diaplikasikan secara luas di ranah manajemen persediaan dan sebagai basis dasar modul *material management* di sistem ERP (Porrás & Dekker, 2008). Perbedaan keduanya hanyalah periode pengambilan

keputusan untuk melakukan *replenishment*, apakah langsung melakukan pemesanan pada saat tingkat persediaan mencapai posisi *reorder point* atau menunggu waktu review. *Periodic Review* (R, s, S) diklaim memiliki performansi yang baik dalam mengatur material persediaan baik *fast moving* material maupun *slow moving material* dan telah diaplikasikan secara luas dan memberikan hasil yang memuaskan dalam mengatur sistem persediaan (Babai et al., 2010). Adapun pendekatan untuk menentukan parameter-parameter di model (R, s, S) sangatlah beragam. Beberapa praktisi biasanya menggunakan metode *simple approximation* untuk menentukan parameter model persediaan. Kelebihan metode ini adalah mudahnya perhitungan dan dapat dilakukan dengan cepat. Namun metode ini memiliki kekurangan yaitu perkiraan nilai parameter yang tidak valid, dan kadang tidak sesuai dengan sifat distribusi permintaan item yang ada.

2.7 Simulasi *supply chain* pada industri semen

Untuk memahami dengan baik struktur dan perilaku dari *supply chain* dalam industri semen, gambar berikut menjelaskan secara garis besar pada lini produksi, mencakup tahapan manufaktur tradisional, jaringan distribusi dan beberapa moda transportasi umum dan titik persediaan (*Storage*). kebanyakan *supply chain* tradisional dibagi menjadi 4 bagian utama diantaranya : (1) *Quarry* dan *Crusher* (2) Produksi *Clinker* (3) *Grinding* semen (4) proses pengiriman melalui jaringan distribusi *Bulk/Bag*.



Gambar 2. 7 Model *Supply Chain Process* pada industri semen

Aliran material dan perencanaan sumber daya secara fungsional haruslah di manage dengan baik. Utilisasi aset, *cost*, *inventory* dan kehilangan konsumen haruslah bisa terukur.

Secara umum model simulasi menunjukkan bagaimana sebuah nilai bertambah *step by step* pada sebuah rantai pasok dan dimana proses akan teridentifikasi sebagai biaya terbesar. Mengoptimalkan jaringan *supply chain* dapat dilakukan dengan membuat beberapa skenario yang berbeda dengan bantuan *Input*, *Process* dan *Output Analyzer*. Oleh karenanya hal tersebut dapat membantu pengambil keputusan agar memiliki peluang bagaimana dapat mengurangi biaya dan meningkatkan penggunaan fasilitas.

Pada jenis simulasi, jenis simulasi *event diskrit* (DES) dan simulasi *monte carlo* (MC) keduanya sama-sama bisa digunakan untuk kasus dinamis. Jika menimbulkan antrian dan diskrit maka kategori DES adapun jika tidak menimbulkan antrian maka masuk kedalam kategori MC. Pada kasus persediaan jika perilaku stokastik hanya pada jumlah *demand* dan atau *lead time* maka dapat digunakan MC. Akan tetapi jika waktu antar kedatangan order 1,2,3 dst di *capture* sehingga terdapat antrian pada pemenuhan permintaan dipertimbangkan maka termasuk kedalam kategori DES (Robinson, 2011).

Rantai pasokan adalah jaringan beberapa pihak baik yang secara langsung maupun tidak langsung melakukan fungsi-fungsi seperti menerima dan/atau memenuhi permintaan pelanggan seperti pabrik, pemasok, penghantar barang, fasilitas persediaan, serta ritel (Chopra dan Meindl, 2013). Masing-masing fungsi ini didalamnya termasuk tetapi tidak terbatas pada fungsi pengembangan produk, fungsi pemasaran, fungsi operasional, fungsi distribusi, fungsi keuangan dan fungsi pelayanan konsumen (Chopra dan Meindl, 2013). Secara umum tujuan dari rantai pasokan adalah untuk meningkatkan nilai keuntungan rantai pasokan (Chopra dan Meindl, 2013).

Menurut Chopra dan Meindl (2013), terdapat dua cara pandang yang dapat digunakan untuk melihat bagaimana proses aktivitas di dalam rantai pasokan berlangsung, yakni *cycle view* dan *push/pull view*. *Cycle view* merupakan pendekatan yang melihat proses atas dua tahap di dalam rantai pasokan yang bersifat siklus dan mendukung satu sama lain seperti *customer order cycle* yang

berlangsung antara peritel dan konsumen, sedangkan *push/pull view* merupakan cara pandang akan bagaimana proses rantai pasokan berlangsung, apakah rantai pasokan dirumuskan berdasarkan keinginan untuk merespon permintaan konsumen (*pull process*) atau apakah rantai pasokan dijalankan berdasarkan keinginan perusahaan untuk mengantisipasi permintaan konsumen (*push process*).

Salah satu fungsi dari rantai pasokan adalah fungsi distribusi. Distribusi adalah proses memindahkan barang baik barang setengah jadi maupun barang jadi dari hulu ke hilir rantai pasokan (Simchi-Levi, 2004). Kinerja jaringan distribusi dapat dinilai berdasarkan dua dimensi yakni kebutuhan pelanggan yang terpenuhi serta biaya untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (Chopra dan Meindl, 2013). Dalam jaringan distribusi, terdapat sistem persediaan yang harus dikelola guna meningkatkan kinerja rantai pasokan secara keseluruhan. Menurut Tersine (1994), terdapat beberapa model kebijakan persediaan atau *replenishment systems* yang dapat digunakan oleh perusahaan yakni *Q-System*, *P-System*, *Batch Size*, *Probabilistic Inventory System*, *Material Requirements Planning*, dan *Distribution Requirements Planning*.

Menurut Benko (2010), terdapat sistem persediaan yang seringkali diterapkan pada industri di kondisi nyata, yang menekankan sistem persediaan pada empat parameter kinerja persediaan yakni waktu pengisian (*cycle time* atau *t*), kuantitas pengisian (*order quantity* atau *Q*), batas pengisian (*reorder point* atau *s*), serta batas persediaan (*target level* atau *S*). Sistem persediaan ini terbagi ke dalam empat jenis, yakni:

1. (*Q, t*): Sistem persediaan yang mengkombinasikan pengelolaan waktu pengisian dan kuantitas pengisian.
2. (*Q, s*): Sistem persediaan yang menitikberatkan pengelolaan persediaan berdasarkan kuantitas pengisian dan batas pengisian.
3. (*S, t*): Sistem persediaan yang berfokus pada pengelolaan persediaan berdasarkan batas persediaan dan waktu pengisian.
4. (*S, s*): Sistem persediaan yang menjadikan batas persediaan dan batas pengisian sebagai parameter dilakukannya pengisian persediaan.

Dalam mengelola persediaan, dibutuhkan adanya metode klasifikasi produk. Salah satu metode klasifikasi produk ialah *ABC Analysis*. Pada metode

ini, persediaan diklasifikasikan menjadi tiga kategori produk berdasarkan nilai penjualan (*dollar volume*) berdasarkan prinsip yang dikemukakan oleh Vilfredo Pareto (Heizer dan Render, 2014). Proses Analisis ABC dimulai dengan menghitung permintaan masing-masing produk dikalikan dengan harga per unit (Heizer dan Render, 2014). Kelas A merupakan kelas produk yang harus dikelola sebaik mungkin, dengan representasi total *dollar volume* sebesar 70% hingga 80% serta memiliki paling tinggi 15% total item persediaan, kelas B memiliki total *dollar volume* sebesar 15% hingga 25% dengan jumlah item sebesar 30% dari total item persediaan, sedangkan kelas C memiliki proporsi 5%-*dollar volume* dengan total item sebesar 50% hingga 55% (Heizer dan Render, 2014).

Metode simulasi *event diskrit* merupakan suatu metode analisis yang lazim digunakan dalam penelitian operasi, yang memberikan kemudahan peneliti untuk menilai efisiensi sistem yang sudah terbangun dengan merumuskan “*what-if?*” questions (Jacobson, 2006). Menurut Benko (2010), sistem persediaan merupakan hal yang cukup sulit jika dianalisis dengan metode selain simulasi karena tujuan akhir penelitian biasanya didasarkan pada keseimbangan biaya yang harus dikeluarkan dengan pemenuhan permintaan pelanggan. Dalam membangun model simulasi terkait sistem persediaan, peneliti biasanya fokus terhadap empat hal berikut ini:

1. Tingkat pelayanan pelanggan selanjutnya (*service level*),
2. Rerata tingkat persediaan dan tingkat *backorder*,
3. Tingkat beserta jumlah permintaan yang tidak dapat dipenuhi perusahaan,
4. Biaya persediaan.

2.6 Posisi Penelitian

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya sebagai bahan perbandingan dan kajian. Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang topik *supply chain*, khususnya simulasi dalam kerangka *supply chain*.

Noche dan Elhasia (2013) dalam penelitiannya menggunakan kerangka *supply chain* untuk menggambarkan rangkaian rantai pasok di industri semen, mengidentifikasi hal utama dalam *input* dan *output* dari penyediaan *raw*

material hingga ke *shipout* produk. Untuk kemudian dari kerangka *supply chain* di *generate* sebuah model simulasi dengan tujuan akhir untuk mengetahui *inventory* akhir produk (semen) pada 3 kondisi skenario berbeda (*high, medium, & low demand*)

Noche, Elhasia dan Zhao (2013), dalam penelitiannya menganalisa *supply chain* semen dengan metodologi *Life Cycle Assesment* dengan mengusulkan tiga skenario *supply chain* yaitu *make to stock* (MTS), *pack to order* (PTO) dan *grind to order* (GTO). Dengan menggunakan model simulasi event diskrit (*Discrete Event Simulation Model*) dibangun sebuah simulasi SCM menggunakan *software Arena* untuk menganalisa efektifitas ketiga target skenario. Hasil simulasi menunjukkan bahwa strategi GTO menjadi strategi *supply chain* paling optimal secara ekonomi, ekologi dan performa sosial pada sebuah industri semen.

Hermawan dan Suhandi (2013) menyajikan penelitian untuk menganalisa system persediaan dengan menggunakan *software* promodel. Dengan terlebih dahulu mengklasifikasikan berbagai jenis merek produk untuk kemudian diuji klasifikasi ABC untuk di dapatkan produk kelas A yang kemudian diolah menggunakan metode *Periodic Inventory System* dengan simulasi Promodel.

Pada penelitian ini menggunakan pendekatan strategi *supply chain* dalam industri semen untuk menganalisa rantai pasok didalamnya, dimana penelitian lebih difokuskan pada simulasi proses, dari proses order hingga kedatangan bahan baku (*raw material*), untuk kemudian disimulasikan hingga bahan baku tersebut di proses di mesin-mesin pemroses hingga di simpan menjadi produk jadi dan atau produk setengah jadi (*clinker*). Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh gambaran rantai pasok dan aliran material keseluruhan dari sebuah industri semen, sehingga dapat di jadikan dasar pertimbangan perusahaan di dalam melakukan efisiensi maupun optimalisasi proses serta *inventory* juga untuk memilih strategi yang tepat untuk mengatur persediaan bahan baku sehingga diperoleh biaya minimum untuk *inventory*. Untuk detail posisi penelitian ini sendiri dapat dijelaskan dalam tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1 Posisi Penelitian

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Software Simulasi			Area Simulasi			Fokus Hasil Penelitian			
			Arena	Excell	ProModel	Raw Material	Process	Product	Service level	Inventory/backorder level	Unfulfilled Order	Inventory cost
1	Bernd Noche and Tarek Elhasia (2013)	<i>Approach to innovative supply chain strategies in cement industry; Analysis and Model simulation</i>	√					√		√	√	
2	Tarek Elhasia, Bernd Noche and Lima Zhao (2013)	<i>Simulation of a Sustainable Cement Supply Chain; Proposal Model Review</i>	√				√		√	√		√
3	Herlina Hermawan, Victor Suhandi (2013)	<i>Analisis System Pengendalian Persediaan menggunakan Model Simulasi</i>		√	√	√				√	√	√
4	Ismail (2018)	<i>Pemodelan Manajemen Inventory Pada Supply Chain Industri Semen Dengan Menggunakan Simulasi</i>	√			√	√		√	√	√	√

(halaman ini sengaja di kosongkan)

BAB III

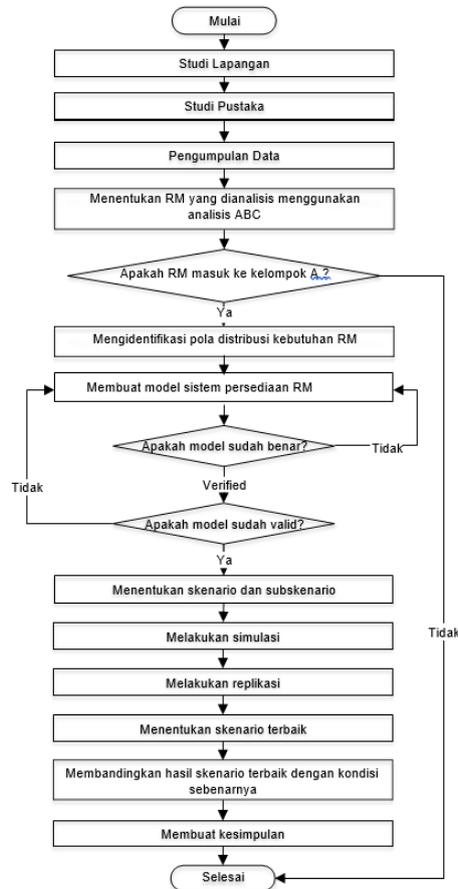
METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan langkah dan metode penelitian yang dilakukan. Langkah-langkah dalam penelitian ini secara umum terdiri dari pengumpulan data, pembuatan model simulasi, pengolahan data (running simulasi), penjelasan dan interpretasi hasil *running software*.

Penelitian ini secara umum memiliki tujuan untuk mencari tahu bagaimana kebijakan *existing* dalam industri semen yang diamati, serta mencari alternatif konfigurasi kebijakan persediaan yang lain yang dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan persediaan dengan menggunakan metode simulasi *event diskrit*. Berdasarkan tujuan tersebut penelitian ini termasuk kedalam kategori riset deskriptif dimana riset bertujuan untuk mencari tahu suatu hal secara mendalam. Serta merupakan sebuah studi kasus riil karena penelitian ini merupakan analisis kontekstual yang ingin memberikan masukan dalam proses pemecahan permasalahan, penilaian kinerja serta pembangunan strategi yang lebih baik (Copper dan Schindler, 2011).

3.1 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan raw data yang di dapatkan dari data historical perusahaan selama tahun berjalan 2017 yang lalu. Adapun secara garis besar metodologi penelitian thesis ini tergambar dalam bagan 3.1 berikut :



Gambar 3. 1 Diagram alir metode penelitian

Deskripsi dalam step masing-masing bagan dapat di jelaskan dalam sub-bab berikut.

3.1.1 Pengumpulan Data

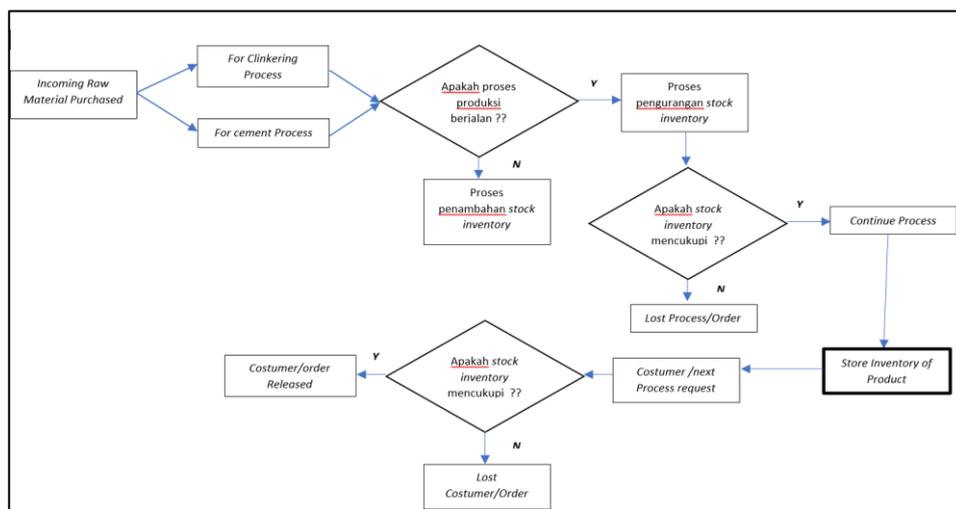
Tahapan pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data-data historical perusahaan dari sistem informasi teknis (*technical information system*) dan juga data-data yang di *generate* dari sistem SAP. Data-data yang dikumpulkan terdiri dari data :

1. Waktu kedatangan *raw material* terpilih harian
2. *Volume* kedatangan material terpilih

3. Data *lead time* pemesanan dari *raw material* terpilih
4. Data *safety stock level* material terpilih
5. Data kapasitas *storage* dari *raw material* terpilih,
6. Data volume material terpilih yang di konsumsi perhari
7. Data posisi *inventory* per hari
8. Data *price/* harga material di tiap periode berjalan.
9. Data nilai *inventory value* (NWC- *Nett Working Capital*) dari setiap material pada akhir bulan berjalan.

3.1.2 Pembuatan model Konseptual

Model konseptual merupakan diagram skematis alur dari proses yang akan dimodelkan kedalam simulasi. Penggambaran model ini merupakan kerangka awal yang disusun sebelum mengembangkan penelitian. Objek penelitian ini dimulai dari *stage* raw material di datangkan kemudian *raw material* di simpan di dalam *storage*, untuk kemudian di konsumsi di dalam proses selanjutnya (*Raw Mill/ Finish mill*). Proses akan di pisahkan menjadi dua yaitu proses *replenishment stage* dan *demand management stage*.



Gambar 3. 2 Model konseptual *supply chain management inventory raw material*

Pada proses *replenishment stage* terjadi penambahan *stock raw material* apabila proses produksi berhenti/*stop*, demikian sebaliknya akan terjadi

pengurangan stock *raw material* untuk di proses apabila terdapat proses produksi (*production stage on*). Proses produksi sendiri di *generate* dari *stage demand management*, dimana jika *storage* produk dalam kondisi *full* maka proses produksi juga akan *off* namun sebaliknya jika terdapat pemicu dari berkurangnya *inventory* produk akibat adanya pengurangan dari demand *customer* atau pengurangan dari kebutuhan proses selanjutnya maka proses produksi akan *on* dan melakukan aktifitas produksi untuk menghasilkan produk.

3.1.3 Pembuatan model simulasi

Simulasi dilakukan dengan menggunakan program simulasi Arena yang dikeluarkan oleh *Rockwell Automation*. Arena merupakan piranti komputer yang seringkali digunakan dalam melakukan simulasi terkait manufaktur, rantai pasokan, jaringan pertahanan, sistem kesehatan, serta pusat pelayanan. Arena dinilai sebagai program simulasi yang memiliki *user interface* yang sangat baik dan mudah dimengerti oleh peneliti awam. Dilengkapi dengan keleluasaan untuk membangun bahasa simulasi sesuai yang diinginkan oleh *user*. Arena juga mampu memberikan kemudahan bagi peneliti untuk membangun model yang kompleks dan rumit.

Terdapat beberapa software simulasi yang dapat digunakan dalam industry rantai pasok. Sebuah perbandingan dilakukan oleh Kim et al yang membandingkan antara Arena dengan software simulasi yang lainnya seperti Weight, Extend, Pro-Model, Quest dan Witness. Berdasarkan studi Arena memenangkan perbandingan tersebut dengan score terbesar. Berdasarkan alasan tersebut Arena dipilih untuk mensimulasikan studi ini (Chang-Seop Kim et al. 2004. Pg. 44)

3.1.4 Validasi dan verifikasi model

Setelah model simulasi siap dibuat selanjutnya harus dilakukan pemeriksaan terhadap model. Proses pemeriksaan ada 2, yaitu pemeriksaan internal (verifikasi) dan pemeriksaan eksternal (validasi). Pemeriksaan internal yaitu verifikasi, dimana pada proses ini akan dilakukan pemeriksaan terhadap hubungan antar atribut model, apakah model telah berperilaku sesuai dengan yang

diharapkan pada proses verifikasi yang dilakukan seperti verifikasi saat pesan, *lead time*, jumlah material yang masuk, biaya pembelian, biaya simpan dan total biaya persediaan.

Pada proses validasi akan diperiksa apakah model telah berperilaku sesuai dengan sistem nyatanya. Validasi akan dilakukan dengan membandingkan konsumsi rata-rata harian dari *raw material* pada simulasi dengan rata-rata konsumsi material harian pada sistem nyata.

3.1.5 Pengolahan Data

Data-data yang telah didapatkan pada tahapan selanjutnya akan diolah untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Sebelum diolah dari sekian banyak data *raw material* yang terkumpul akan di klasifikasikan dengan menggunakan pendekatan *ABC analysis*. Pada metode ini persediaan *raw material* akan di klasifikasikan terlebih dahulu menjadi tiga kategori produk berdasarkan nilai penjualan (*dollar volume*). Berdasarkan prinsip yang dikemukakan oleh Vilfredo Pareto. Dalam studi ini *raw material* akan di rangkingkan berdasar nilai NWC (*net working capital*) nya. Uji klasifikasi ABC memperhatikan nilai rupiah tahunan barang. Jenis *raw material* yang akan diolah lebih lanjut adalah yang termasuk kedalam kelas A, dimana kelas A ini adalah *raw material* yang nilai tahunannya tinggi mencapai sekitar 80% dari seluruh investasi. Karena memiliki nilai modal investasi yang tinggi maka produk kelas A memerlukan sistem pengendalian persediaan yang lebih ketat. Setelah list *raw material* yang masuk dalam kategori kelas A dibuat selanjutnya akan di *running* kedalam model simulasi Arena yang telah dibuat sebelumnya

Dalam penelitian ini, dibentuk model *base scenario* untuk menggambarkan kondisi nyata serta empat model usulan yakni skenario (Q, t), (Q, s), (S, t) dan (S, s). simulasi dilakukan dalam jangka waktu satu tahun dan periode pemanasan selama 1 hari dan 10 kali replikasi. Validasi model dilakukan pada model *base scenario* untuk melihat apakah model simulasi yang dikembangkan sudah merepresentasikan sistem nyatanya. Metode validasi yang dilakukan adalah dengan cara membuat selang kepercayaan dengan *confidence level* 95% dari hasil output model simulasi. Jika nilai parameter yang dibandingkan dari sistem nyata

berada dalam selang kepercayaan tersebut, maka skenario *base case* dinyatakan valid.

3.2 Tahap Analisa dan Kesimpulan

Pada tahap Analisa hasil ini dilakukan dengan membandingkan output simulasi dengan kondisi inventory pada sistem nyata dan juga skenario *base case*. Output yang dibandingkan meliputi nilai inventory pada akhir simulasi (*running length* 1 bulan). Apabila nilai inventory rata-rata replikasi lebih rendah dari eksisting maka dapat di simpulkan bahwa skenario perbaikan mampu mengurangi *inventory value* perusahaan. Selain *inventory value* parameter lain yang di perbandingkan adalah *reorder cost* dan jumlah inventory yang berada di bawah *reorder point*. Apabila teralu banyak *stock inventory* sering berada dibawah *safety stock* menunjukkan *inventory manager* kurang perform dengan baik

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan beberapa data yang telah di kumpulkan untuk kemudian dilakukan pengolahan agar mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan penelitian.

4.1 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data ini akan dikumpulkan data-data yang akan menjadi inputan dalam *software* simulasi Arena. Data awal yang dikumpulkan adalah data volume penggunaan material dalam periode tahun buku 2017 dikalikan dengan harganya masing-masing, dengan kata lain nilai disini merupakan nilai investasi (volume Rupiah tahunan).

Tabel 4. 1 Data volume konsumsi all *raw material* beserta harga di tahun 2017

No	Nama Material	Valuation
1	Pasir Besi	(17,367,476,128)
2	Gypsum	(31,981,513,707)
3	Pozzolan	(9,411,933,741)
4	Silica	(6,811,187,736)
5	Grinding Aid TN	(74,208,750)
6	Grinding aid TC	(3,470,078,922)
7	Grinding aid LS	(237,188,825)
8	Diesel	(11,053,081,531)
9	Coal	(259,248,780,953)
	Grand Total	(339,655,450,293)

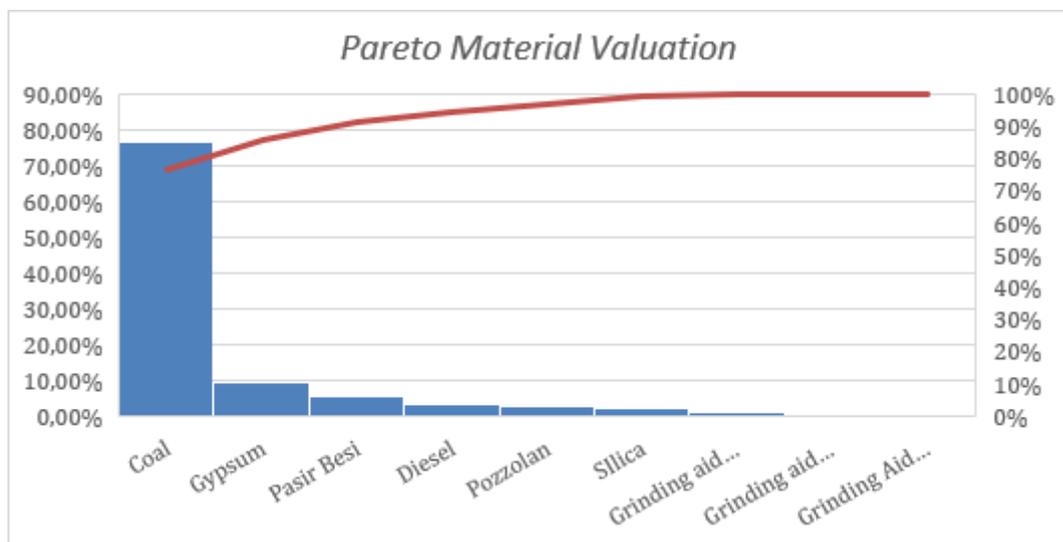
4.1.1 Analisa ABC dan Pareto diagram

Dari data semua *valuation raw material* yang terkumpul selanjutnya akan dilakukan uji klasifikasi ABC dan pengeplotan pada diagram pareto. Uji klasifikasi ABC memperhatikan nilai rupiah tahunan material. Jenis material yang akan diolah lebih lanjut adalah material yang termasuk kedalam kelas A, yang termasuk kedalam kelas A adalah material yang nilai tahunannya tinggi mencapai 80% dari seluruh investasi. Karena memiliki nilai investasi tinggi maka material kelas A memerlukan sistem pengendalian persediaan yang lebih ketat.

Tabel 4. 2 Klasifikasi ABC Material

No	Nama Material	Valuation	% from Total	% Cummulative	Category
1	Coal	(259,248,780,953)	76.33%	76.33%	A
2	Gypsum	(31,981,513,707)	9.42%	85.74%	B
3	Pasir Besi	(17,367,476,128)	5.11%	90.86%	B
4	Diesel	(11,053,081,531)	3.25%	94.11%	B
5	Pozzolan	(9,411,933,741)	2.77%	96.88%	C
6	Silica	(6,811,187,736)	2.01%	98.89%	C
7	Grinding aid TC	(3,470,078,922)	1.02%	99.91%	C
8	Grinding aid LS	(237,188,825)	0.07%	99.98%	C
9	Grinding Aid TN	(74,208,750)	0.02%	100.00%	C
	Grand Total	(339,655,450,293)			

Berdasarkan klasifikasi tabel diatas dapat di ketahui bahwa material yang termasuk dalam kategori kelas A adalah *coal* (batubara) sehingga dengan demikian material *coal* akan menjadi fokus dalam penelitian ini. Hal tersebut juga terefleksikan ketika di gambar dalam diagram pareto, dimana 80% biaya *inventory* terdapat pada material batubara.



Gambar 4. 1 Diagram Pareto valuation material

4.1.2 Problem Statement

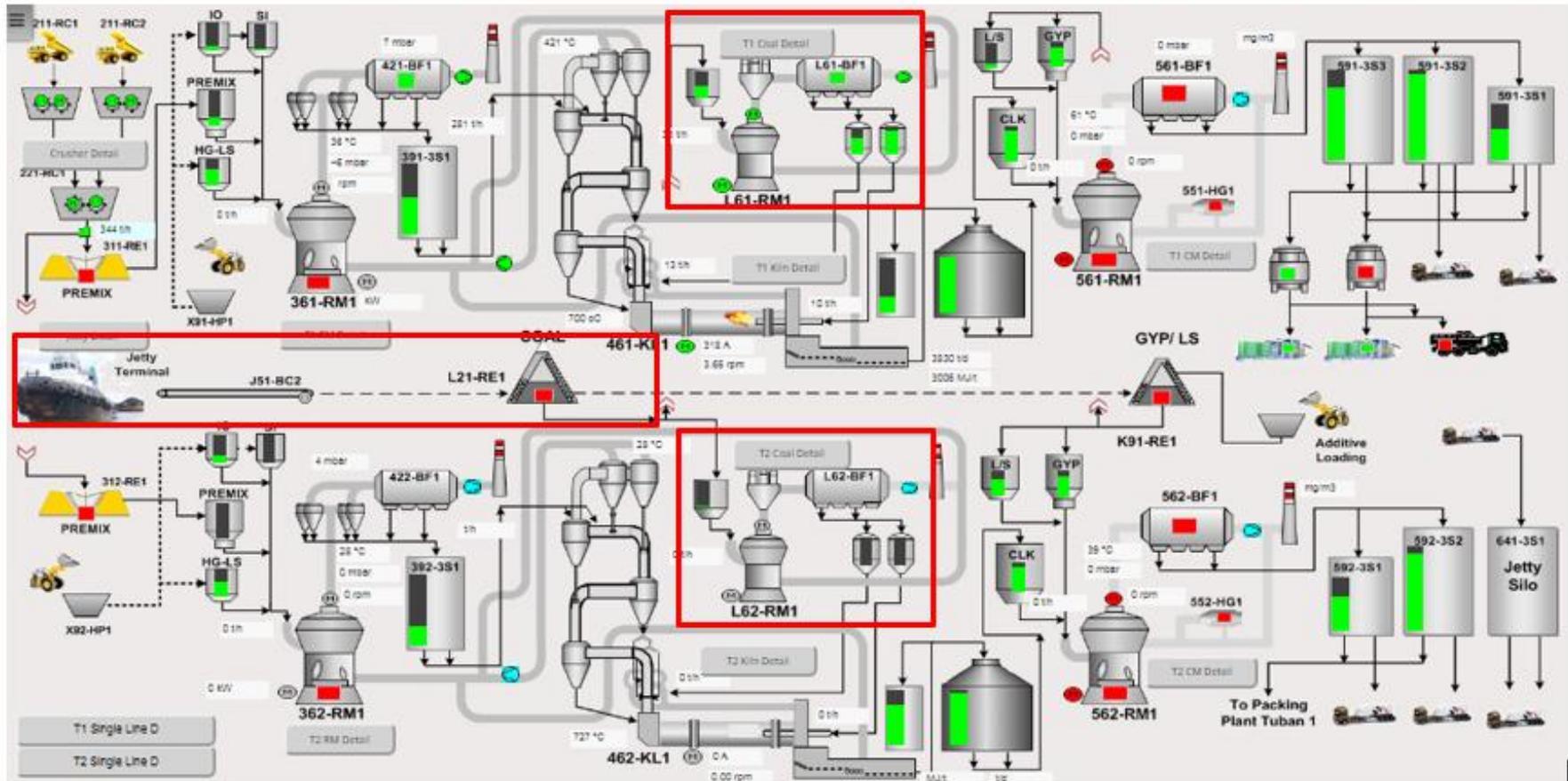
Aplikasi dari simulasi akan mendemonstrasikan sistem *inventory* yang terdiri dari sebuah fasilitas produksi yang mengisi tempat penyimpanan berupa *coal storage* berbentuk *dome*. Model dasar ini akan mengilustrasikan bagaimana

prosedur kebijakan *inventory* mengatur aliran *raw material* dari fasilitas *Jetty area* untuk kemudian menghubungkan pada fasilitas penyimpanannya. Gambar dibawah mendeskripsikan diagram skematis dari sistem *inventory* ini. Pertama-tama *raw material* datang di stasiun jetty kemudian dilakukan *discharge* dengan menggunakan *grab* dan di transfer ke area penyimpanan (*dome storage*) menggunakan *belt conveyor*.



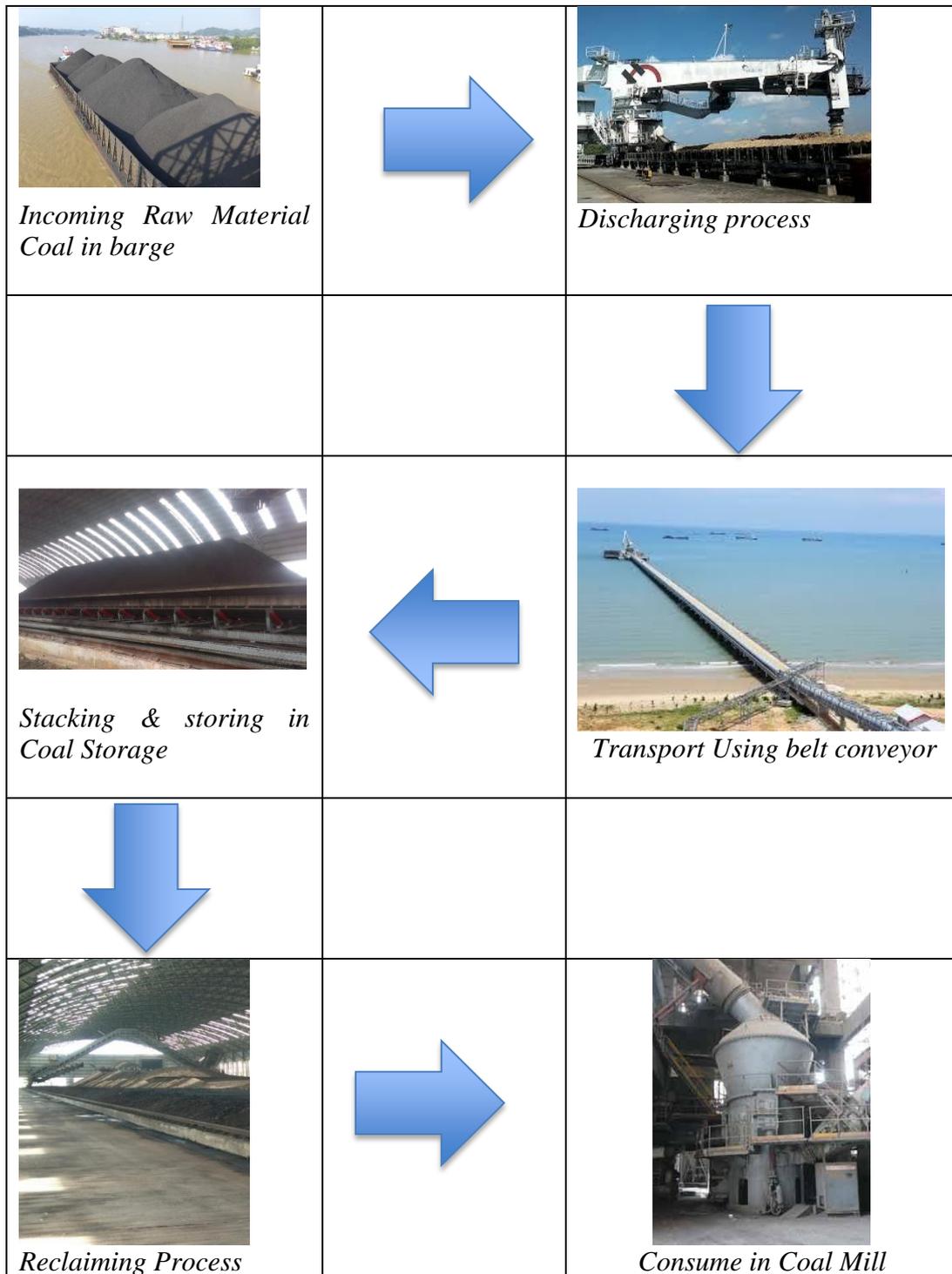
Gambar 4. 2 fasilitas *discharging coal* di jetty area meliputi *grab*, *belt conveyor* dan *dome storage*

Dalam *flow* proses keseluruhan dalam pabrik semen proses *handling* dan *storing* batubara dapat di gambarkan dalam diagram proses berikut ini (proses di tandai dengan kotak merah)



Gambar Posisi Proses *handling* dan *storing* batubara yang menjadi fokus penelitian (kotak merah)

Flow proses dari proses *discharging coal* akan di jelaskan kedalam gambar berikut ini:



Gambar 4. 3 Flow Proses *Raw Material Coal handling & storing*

Penjelasan beberapa proses dari gambar diatas dapat di jabarkan dalam poin-poin berikut ini:

1. *Incoming Raw Material Coal in Barge*

Pada proses ini batubara di datangkan dengan menggunakan moda transportasi laut dengan menggunakan *barge* berkapasitas 7,500 hingga 10,000 ton. Waktu kedatangan antar *barge* batubara dan jumlah kedatangannya mempunyai pola distribusi tertentu yang nantinya akan di lakukan *fitting* untuk mengetahui jenis distribusinya.

2. *Discharging Process & Transport using BC*

Pada proses *discharging* ini menggunakan *resource* berupa *e-crane* yang memiliki data waktu siklus dan nantinya data yang terkumpul akan dilakukan *fitting* pada *software arena* untuk mengetahui jenis distribusi waktu prosesnya. Proses yang dilakukan *e-crane* ini meliputi proses *grabbing coal* di dalam *barge* dan kemudian setelah di *grab* oleh lengan *e-crane* akan melakukan gerakan *swing* dan kemudian batubara akan di tumpahkan di atas *hopper* untuk kemudian dari *hopper* akan di *transport* dengan menggunakan *belt conveyor* sepanjang 3 kilometer menuju *coal storage*

3. *Stacking & storing in coal storage*

Setelah melalui jalur panjang BC sepanjang 3 kilometer *coal* akan sampai dalam *storage* dimana *coal* akan di *stacking* menggunakan mesin *stacker* untuk membentuk sebuah gundukan berupa *pile* dimana kapasitas *coal storage* ini adalah sebesar 30,000 ton. *Coal* yang telah disimpan ini akan di angkut kedalam proses selanjutnya menggunakan *reclaiming process*.

4. *Reclaiming & consuming in Coal mill*

Proses ini terjadi secara berurutan, *coal* yang telah di simpan dalam storage akan di ambil untuk di transfer kedalam *coal mill* dengan menggunakan *reclaimer*. Dalam penelitian ini volume yang di *reclaim* diasumsikan sama dengan volume *coal* yang di giling di dalam *coal mill* (tidak ada *loses* yang terjadi dalam proses transfer dari *reclaimer* ke dalam *coal mill*)

4.1.3 Pola distribusi pada kedatangan batubara

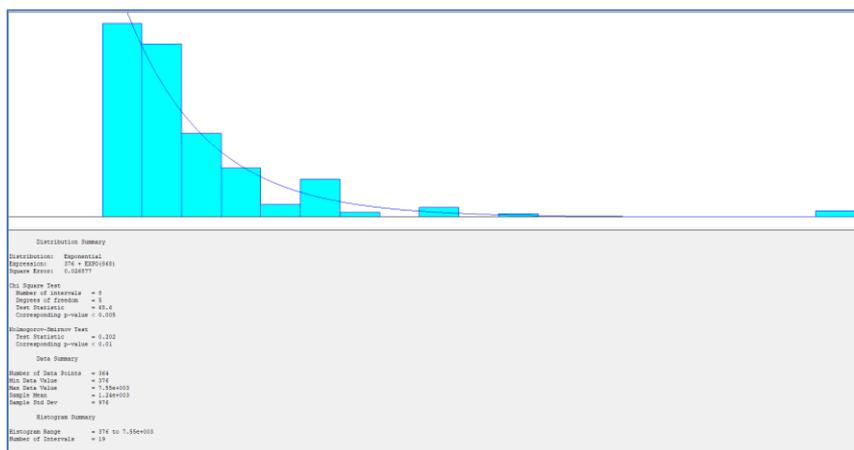
Kedatangan batubara mempunyai pola distribusi tersendiri, nantinya pola distribusi tersebut digunakan sebagai inputan dalam simulasi. Pola distribusi kedatangan batubara selama tahun 2017 didapat dengan menginputkan data kedalam *software Arena Input Analyzer*. Adapun dari pengumpulan data didapatkan data antar kedatangan batubara selama tahun 2017 sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Data kedatangan batubara selama tahun 2017

No	Selang kedatangan (hari)	Volume Kedatangan	Average	Bulan
1	2	7505,564	45149,303	Jan
2	5	7532,381		
3	4	7511,522		
4	2	7549,582		
5	5	7514,465		
6	3	7535,789		
7	11	7525,574	40498,831	Feb
8	12	7554,477		
9	1	7942,394		
10	8	7450,402		
11	2	10025,984		
12	9	7610,719	31749,23	Maret
13	7	7582,581		
14	5	9006,562		
15	6	7549,368		
16	9	7502,276	30066,203	April
17	4	7536,949		
18	8	7504,706		
19	8	7522,272		
20	20	7539,039	15040,757	Mei
21	7	7501,718		
22	14	7572,762	50219,029	Juni
23	3	10032		
24	8	7530		
25	5	7544,135		
26	3	7508,791		
27	7	10031,341		
28	13	9096,595		
29	14	7562,938	25738,758	Juli
30	3	9079,225		

31	10	7512,347	39105,344	Agustus
32	5	7524,456		
33	3	7504,791		
34	6	7512,788		
35	3	9050,962		
36	9	7518,403	31491,233	September
37	5	7560,621		
38	3	7407,011		
39	6	9005,198		
40	14	7571,093	61358,782	October
41	1	7586,043		
42	3	7518,533		
43	2	7520,194		
44	4	7540,266		
45	3	8547,443		
46	12	7508,835		
47	3	7566,375		
48	5	9024,858	32888,469	November
49	7	9044,795		
50	4	7561,745		
51	13	7257,071		
52	8	9015,478	33110,326	Desember
53	6	9045,44		
54	4	7538,178		
55	13	7511,23		

Karena actual data konsumsi dalam basis harian maka distribusi kedatangan batubara akan dilakukan *fitting* juga dalam basis harian. Hasil *fitting* setelah data batubara di *cascade* dalam *daily basis* adalah menjadi sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Hasil *fitting* volume kedatangan batubara dalam *daily basis*

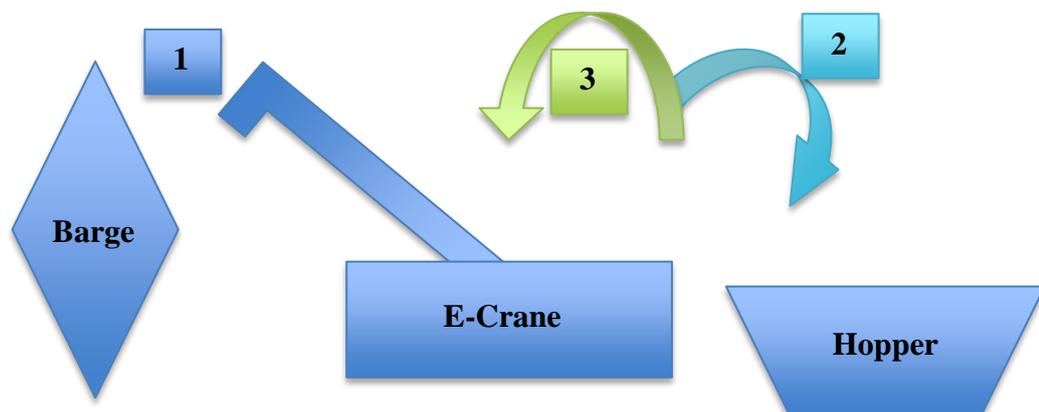
Dari hasil *fitting* tersebut dapat disimpulkan bahwa data volume kedatangan batubara memiliki jenis distribusi $376 + \text{EXPO}$ (868)

4.1.4 Pola distribusi pada proses *discharging* batubara

Proses *discharging* batubara memiliki sub proses yang dapat di *breakdown* sebagai berikut:

1. Proses *grab* mengambil batubara dari *barge*, Data proses diambil dari data waktu siklus yang terjadi selama 1,000 kali.
2. Waktu proses *grab* dan *e-crane* melakukan *swing* setelah mengambil coal dari barge untuk kemudian mengarahkan dan membuka *grab* untuk menuangkan coal ke *hopper*. Data diambil sebanyak 1,000 kali.
3. Waktu proses dari *hopper* setelah selesai melakukan penuangan coal kedalam hopper, *grab* akan melakukan *swing* untuk kembali untuk mengambil batubara dari *barge*. Data diambil sebanyak 1,000 kali.

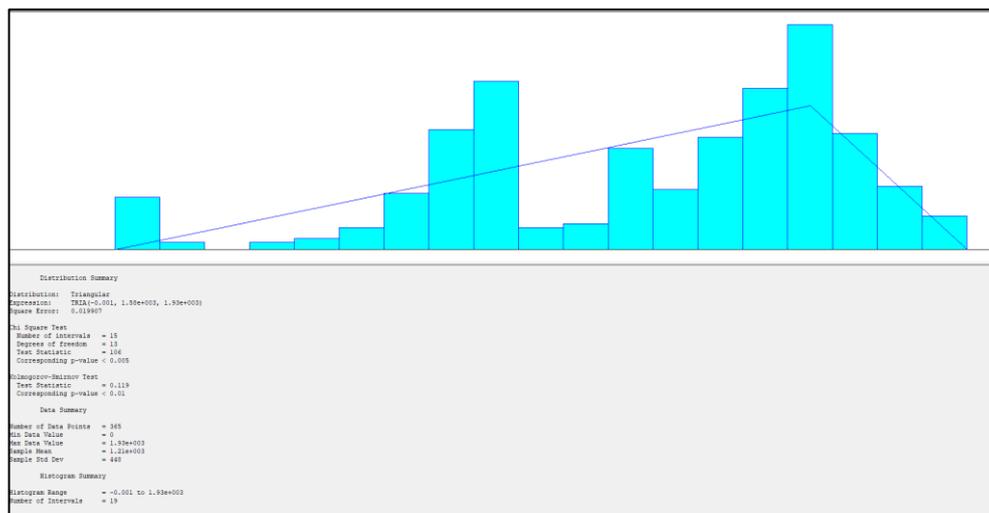
Dari semua data tersebut diamati dan di *record* dan kemudian di jumlahkan secara total untuk kemudian dilakukan *fitting* kedalam software Arena. Hasilnya data waktu proses *discharging* berdistribusi $10 + 7 * \text{BETA}$ (2.25, 2.45)



Gambar 4. 5 Proses *discharging* batubara dari *barge*

4.1.5 Pola distribusi pada proses *reclaiming* batubara

Proses *reclaiming* adalah proses dimana batubara di ambil dari *stockpile* untuk kemudian di transport menggunakan *belt conveyor* ke fasilitas *Coal mill*. Pada penelitian ini karena data *output reclaimer* tidak bisa didapatkan di sistem maka diasumsikan bahwa data konsumsi batubara adalah data sejumlah batubara yang selesai di giling pada mesin *coal mill* dan di konsumsi di *kiln*. Hasil pengambilan data didapatkan dalam basis konsumsi per jam di dapatkan hasil *fitting* distribusi sebagai berikut (data lengkap terdapat pada lampiran).



Gambar 4. 6 Hasil output *fitting* distribusi data jumlah konsumsi batubara

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa jumlah konsumsi batubara memiliki jenis distribusi TRIA (-0.001, 1.58e+003, 1.93e+003)

4.2 Pengolahan data dengan Model simulasi

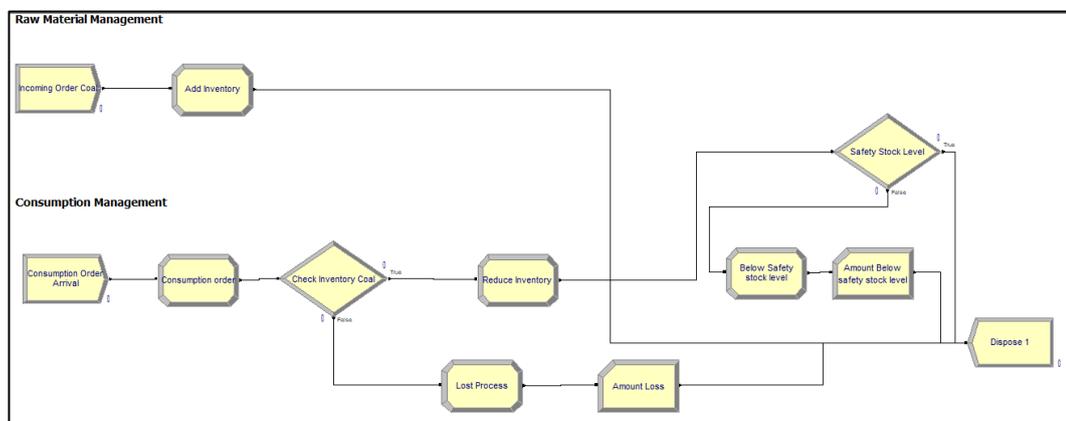
Simulasi diawali dengan merumuskan skenario simulasi *base case* yang bertujuan untuk membuat model yang sesuai dengan kondisi nyata pada sistem persediaan material terpilih pada industri semen. Untuk selanjutnya setelah model *base case* terbentuk akan dilakukan validasi dan verifikasi.

4.2.1 Penggambaran model *base case*

Model *base case* dibangun untuk melihat eksisting aliran *entity* dan *variabel* pada proses *receiving* batubara maupun proses konsumsinya. Proses *receiving*

seperti dijelaskan pada bab sebelumnya diawali dari penerimaan *coal* dari *jetty* stasiun untuk kemudian di transfer kedalam *storage* menggunakan *belt conveyor*.

Selain untuk melihat aliran eksisting dari *entity* dan variabel, model *base case* juga digunakan sebagai media untuk melakukan verifikasi dan validasi dari model dan *fitting* distribusi data yang telah dibangun. Gambar berikut memperlihatkan model arena yang telah dibuat dengan scenario *base case*. yang terdiri dari dua *segment* yaitu segmen penambahan *inventory* dan segemen manajemen konsumsi.



Gambar 4. 7 Model *base case* arena

Pada model *base case* terdapat aliran kedatangan *raw material* berupa *coal* dari *jetty* yang kemudian akan di transfer ke *coal storage* dan juga aliran kedatangan konsumsi untuk mengurangi *stock coal* yang telah di simpan di dalam *storage*. Hasil dari simulasi *base case* akan dijadikan dasar dalam melakukan verifikasi dan validasi data untuk selanjutnya di bangun sebuah model untuk membangun *improvement*.

4.2.2 Validasi dan verifikasi model *base case*

Untuk mengetahui apakah model sudah memiliki logika yang tepat serta sesuai dengan kondisi nyata, maka dibutuhkan adanya verifikasi dan validasi model. Verifikasi dilakukan dengan cara melihat apakah logika model sudah benar atau tidak. Hal ini dapat diketahui dengan cara apakah terjadi *error warnings* serta melihat animasi saat simulasi dijalankan pada *software Arena*. Jika

tidak terdapat permasalahan ketika simulasi dijalankan, maka model dinilai sudah terverifikasi.

Validasi model dilakukan pada model *base case* scenario, untuk melihat apakah model simulasi yang dikembangkan sudah merepresentasikan sistem nyatanya. Metode validasi yang dilakukan adalah dengan cara membuat selang kepercayaan dengan *confidence level* 95% dari hasil output simulasi. Jika nilai parameter yang dibandingkan dari sistem nyata berada dalam selang kepercayaan tersebut, maka scenario *base case* dinyatakan valid. Dengan $\alpha = 95\%$, hasil simulasi dengan 10 kali replikasi dan *warm-up period* selama 1 hari dan lama simulasi selama 30 hari didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Komparasi Rataan dan *standar deviasi inventory* hasil simulasi *base case vs real data*

Base Case	Rerata Inventory
Replikasi	
1	21,325
2	14,241
3	15,006
4	19,152
5	6,571
6	15,337
7	20,279
8	18,318
9	12,276
10	21,321
Mean	16,383
StDev	4,668
Mean Data Real	20,582
St. Dev Data Real	6,063

Karena terdapat perbedaan jumlah sampel data antara data *existing* dan data hasil simulasi maka metode yang digunakan adalah *Welch Confidence Interval*. Untuk menghitung validasi *Welch Confidence Interval* dapat menggunakan rumus dan hipotesa sebagai berikut:

Hipotesa:

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$P[(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - hw \leq \mu_1 - \mu_2 \leq (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + hw] = 1 - \alpha$$

$$df \approx \frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{\frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} \right]^2}{(n_1 - 1)} + \frac{\left[\frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{(n_2 - 1)}}$$

$$hw = t_{df, \frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

$$df = \frac{\left[\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right]^2}{\frac{\left[\frac{s_1^2}{n_1} \right]^2}{n_1 - 1} + \frac{\left[\frac{s_2^2}{n_2} \right]^2}{n_2 - 1}} = \frac{\left[\frac{4668^2}{10} + \frac{20582^2}{365} \right]^2}{\frac{\left[\frac{4668^2}{10} \right]^2}{9} + \frac{\left[\frac{20582^2}{365} \right]^2}{364}} = 9,9$$

Setelah mendapatkan hasil replikasi selanjutnya adalah mencari HW (*half width*). Perhitungan HW dilakukan untuk menghitung nilai eror dari data tersebut.

Untuk menghitung *half width* dapat dicari dengan rumus:

$$hw = t_{df, \frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}$$

$$hw = 2,228 \times 1,510$$

$$= 3,364$$

Dengan 95% confidence intervalnya adalah:

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - hw \leq \mu_1 - \mu_2 \leq (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + hw$$

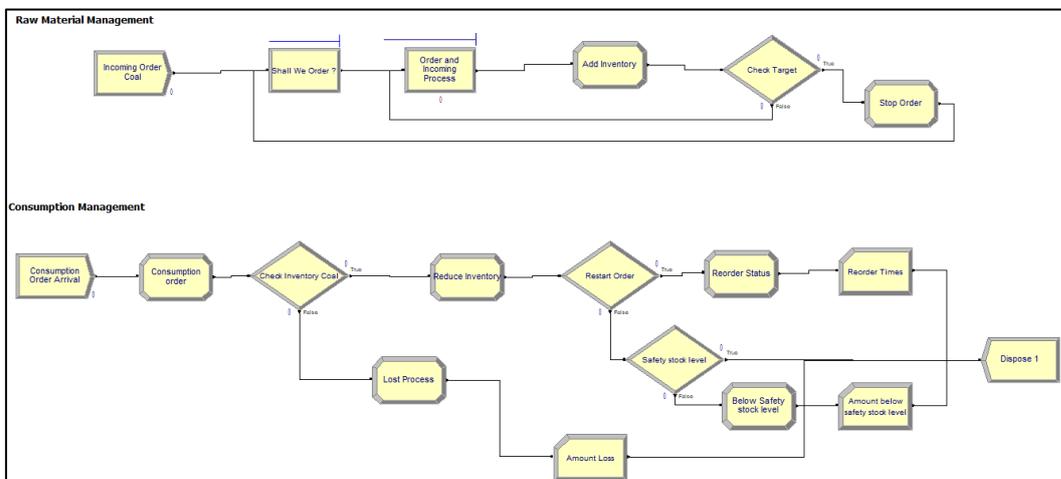
$$(6,063 - 4,668) - 3,364 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq (6,063 - 4,668) + 3,364$$

$$-1,969 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 4,759$$

Berdasarkan perhitungan di atas, karena nilai 0 berada di dalam rentang $\mu_1 - \mu_2$ maka didapatkan $\mu_1 - \mu_2 = 0$ dan keputusan yang diambil adalah Terima H_0 . Kesimpulan: Output Simulasi dan Output Nyata tidak ada perbedaan. Jadi model yang dibuat dapat dikatakan telah valid

4.2.3 Gambaran model modifikasi *base case*

Untuk membuat usulan skenario perbaikan maka digunakan sebuah model lanjutan dimana terdapat tiga skenario usulan dengan dua kebijakan persediaan yang berbeda. Karena dalam skenario perbaikan ini akan dilakukan percobaan penginputan *reorder point*, batas *inventory* dan juga interval pengisian *inventory* yang berbeda maka model arena dari *base case* di modifikasi menjadi sebagai berikut:

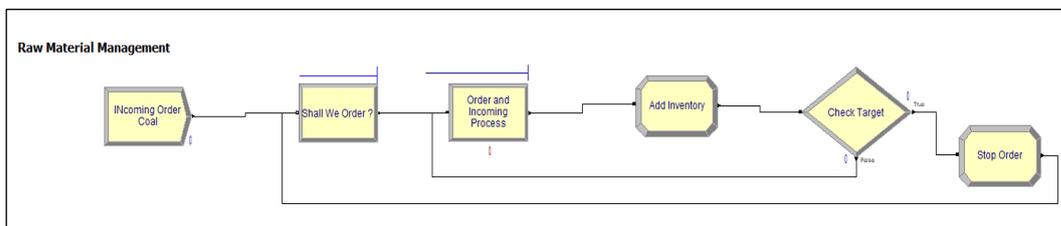


Gambar 4. 8 Model *base case* arena yang di modifikasi sesuai dengan rancangan skenario usulan

Adapun penjelasan dari masing-masing stage adalah sebagai berikut:

a. *Raw material management stage*

Pada segmen ini model akan menelusuri dari *entity* unit batubara. Pada bagian model ini proses diawali dengan kedatangan batubara yang memiliki Janis distribusi berdasarkan hasil *fitting* yang dilakukan.



Gambar 4. 9 Model *base case* arena modifikasi pada stage *raw material management*

Pada stage *raw material management* modul *Create* yang diberi nama *Raw Material* akan *generate* operasi berdasar waktu antar kedatangan material batubara untuk di simpan didalam *storage* batubara. Dalam penelitian ini waktu antar kedatangan material untuk base case di rancang dalam jangka waktu harian yang telah di cascade dari data actual kedatangan *barge*.

Sebuah module *hold* yang diberi nama “*shall we order?*” mengontrol *start* dan *stop* dari material batubara yang datang untuk mengumpankan pada *sequence* dari modul *Seize*, *Delay* dan *Release* (yang diberi nama *seize process*, *production process* dan *release process*). Actual proses order dan proses kedatangan *tercapture* dalam modul *order and incoming proses*.

Modul *create raw material* di inisiasikan dengan mempopulasikannya dengan *entity* produk tunggal dengan melakukan *fitting* terlebih dahulu dari data kedatangan selama periode 1 tahun (2017). Sirkulasi entiti produk kemudian di proses dalam modul *hold*, yang di beri nama “*shall we order?*” modul *hold* akan mengumpulkan fungsi dari beberapa entiti dengan melakukan *scanning* dari kondisi logis dari benar dan tidak. Jika terdapat kondisi (misal *reorder* =1) adalah benar, kemudian entiti produk akan memproses pada modul selanjutnya, jika kondisi berlawanan terjadi maka entiti akan menunggu sampai kondisi *true* terjadi. Sirkulasi dari entiti produk kemudian akan di proses kedalam antrian *order and incoming queue* pada modul *seize process* dan akan mengutilisasikan *resource* yang dinamakan *discharge facility* (stasiun jetty) dengan segera.

Pada antrian di dalam modul *seize* yang dinamakan *order and incoming queue* *entity* produk akan menunggu hingga satu unit *resource* (mesin/fasilitas *discharge* berupa *jetty facility*) melakukan proses operasi pada modul proses produksi. Saat *resource* tersedia dan memproses entiti module *seize* akan memblok produk entiti lain yang akan masuk sebelum proses awal selesai terproses. Jika proses telah selesai module *release* akan melepaskan satu unit *resource* dari proses produksi.

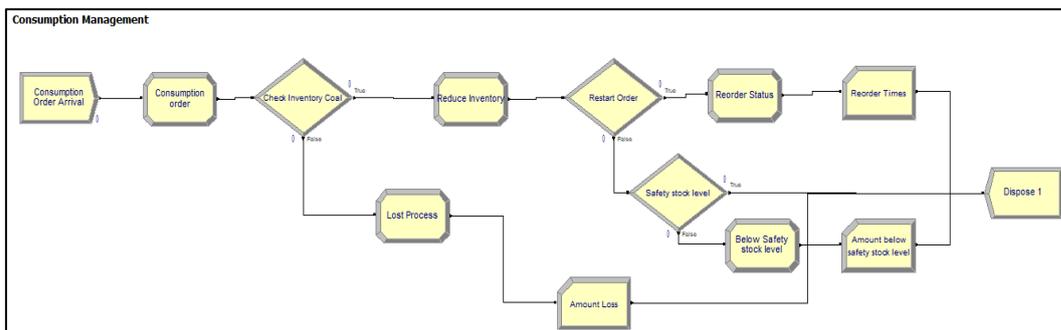
Level *inventory* pada *storage* di *maintain* oleh variable *inventory*, yang pada awalnya di set berdasar *book value stock* SAP di akhir tahun 2016 yaitu sebesar 13,700 ton. Jika sirkulasi *entity* produk memasuki modul *assign* yang disebut *increase inventory*. Sirkulasi dari entiti produk akan menuju modul

decide, yang diberi nama *check target level*. Alur sirkulasinya dari produk entiti yang masuk akan menghasilkan dua kemungkinan:

- Jika target *inventory level* telah terlampaui (*maximum level*), maka sirkulasi entiti produk akan bergeser ke *Assign* modul yang lain, yang diberi nama *Stop order* dan mensetting *reorder coal* = 0 yang akan mengirimkan sinyal untuk menunda proses *order coal*.
- Kondisi lain, sirkulasi entiti produk akan mengulang proses order untuk menambah *stock inventory* batubara.

b. Consumption management stage

Pada segmen ini akan memicu kedatangan permintaan untuk konsumsi material pada proses order selanjutnya dan mengoreksi *variable inventory* sejalan dengan order konsumsi proses selanjutnya. Dalam stage ini akan di monitor nilai dari *inventory* dan akan memicu dimulainya kembali order material yang terhenti jika titik *reorder point* terpenuhi.



Gambar 4. 10 Model *base case* arena modifikasi pada *stage consumption management*

Sumber dari kedatangan proses order konsumsi adalah dari modul *Create*, yang dinamakan *consumption order arrival*. Pola kedatangan antar order setelah dilakukan *fitting* adalah *daily basis*. Setiap kedatangan order konsumsi didefinisikan menjadi sebuah entiti (*consumption order arrival*) yang kemudian menjadi sebuah variabel yang dinamakan *consumption volume* yang mana dari hasil fitting data berdistribusi TRIA (-0.001, 1.58e+003, 1.93e+003). Pada kedatangan awal entiti konsumen akan memasuki modul *Assign*, yang dinamakan *Consumption order*.

Entiti *next process order* kemudian akan di proses kedalam modul *Decide* yang dinamakan *Check Inventory* untuk mengetes apakah *storage* memiliki stok *inventory* yang mencukupi untuk mencukupi kebutuhan proses selanjutnya. Tes akan dapat memiliki dua hasil:

- Jika nilai dari variabel *inventory* lebih besar atau sama dengan nilai dari *attribute Demand*, maka *consumption order* dapat dipenuhi dengan baik yang kemudian *process order entity* akan memproses pada pilihan *true* yang kemudian akan keluar dan masuk kedalam modul *Assign*, yang dinamakan *decrease inventory*, dimana didalam modul tersebut jumlah *inventory* akan berkurang dengan jumlah batubara yang dikonsumsi, yang mana kemudian akan diproses kedalam modul *Decide* yang dinamakan *Restart order ?*, untuk mengetes apakah variabel *Reorder point* telah terlampaui atau belum. Jika sudah maka *proses order entity* akan menuju modul *Assign* yang dinamakan *Start order*, untuk mengeset *order = 1*, yang mana akan secara langsung akan melepas sirkulasi entity produk yang masih tertahan di modul *Hold* yang dinamakan *Shall We Order?* secara efektif akan melanjutkan kembali proses produksi yang tertahan. Kemudian *process order* entiti akan terproses untuk di *dispose* didalam *storage* yang *tercapture* dalam modul *leave process*.
- Kondisi kedua dimana jika nilai dari variabel *inventory* lebih kecil daripada nilai dari kebutuhan untuk variabel untuk *consumption order*, maka proses selanjutnya akan terarah pada modul *Assign* yang dinamakan *Lost Process* dimana akan secara otomatis akan mengeset variabel *inventory* ke 0. Serta akan *update* juga variabel *lost process* yang akan mengkalkulasi jumlah proses yang tidak dapat terpenuhi akibat kekurangan *inventory*. ($lost\ process = lost\ process + 1$) dan atribut yang dinamakan *Amount lost* yang akan memonitor proses yang gagal dari proses yang saat ini berjalan ($Amount\ lost = Demand - inventory$). Entiti proses yang gagal ini akan memasuki modul *Record* yang dinamakan *Tally Amount Lost*, untuk menghitung jumlah proses yang hilang akibat kehabisan *inventory*. Terakhir *process order* akan di *dispose* di dalam modul *leave process*.

Resource proses discharge berupa stasiun jetty akan menggunakan unit dari *raw material* dalam antrian, hal ini akan terjadi ketika kondisi *storage* penuh dan

kapal telah sandar akan tetapi proses *discharging* berhenti sehingga akan terdapat biaya *demurrage* yang dibebankan oleh pemilik *barge* kepada perusahaan. Namun apabila telah berhasil terproses oleh *resource* ini, *entity* akan di transport kedalam storage batubara (yang direpresentasikan sebagai *variabel inventory*) yang mana akan terjadi penambahan jika terdapat variabel yang bertambah. Setelahnya akan berlaku dua kondisi:

- (1) Jika *inventory* melampaui *target level* (variable *Target Stock*) produksi proses *discharge* akan berhenti hingga terjadi *reorder point* (variable *reorder point*) turun kembali.
- (2) Pemrosesan dari *batch* selanjutnya akan dimulai segera setelah *reorder point* mencapai level penurunan.

4.2.4 Skenario usulan perbaikan

Terdapat tiga skenario usulan dengan dua kebijakan persediaan yang berbeda. Skenario ini disusun berdasarkan tinjauan kepustakaan yang ada serta penyesuaian dengan kondisi perusahaan dimana dalam hal *inventory* perusahaan akan berfokus pada 4 parameter utama yaitu meliputi: kuantitas pengisian persediaan, batas pengisian persediaan (*reorder point*), batas persediaan (*maximum capacity storage*) dan waktu pengisian persediaan.

Dari beberapa parameter tersebut kemudian secara tinjauan kepustakaan dapat di kombinasikan untuk kemudian di simulasikan agar mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun skenario kombinasinya dapat di jelaskan sebagai berikut:

1. Skenario sistem persediaan yang mengkombinasikan pengelolaan kuantitas pengisian dan waktu pengisian (Q, t)

Model skenario ini akan merubah waktu pengisian berdasarkan *schedule* yang di rancang dalam interval yang konstan dan kuantitas pengisian yang dibuat rentang yang lebih variatif daripada *base case scenario*. Pada skenario ini kuantitas pengisian dibuat dalam range 7,000 hingga 8,000 ton per kedatangan dengan waktu pengisian adalah dalam rentang waktu 1 minggu harus ada 2 kedatangan *barge*. Dengan parameter lainnya masih sesuai dengan *base case*.

2. Skenario sistem persediaan yang menitikberatkan pengelolaan persediaan berdasarkan kuantitas pengisian dan batas pengisian (*reorder point*) (Q, s)

Pada skenario ini kuantitas pengisian dibuat dalam range 7,000 hingga 8,000 ton per kedatangan dengan batas *reorder point level* yang diturunkan dari 23,000-ton menjadi 18,000-ton, parameter yang lain masih sesuai *base case scenario*

3. Sistem persediaan yang berfokus pada pengelolaan persediaan berdasarkan batas persediaan dan waktu pengisian (S, t)

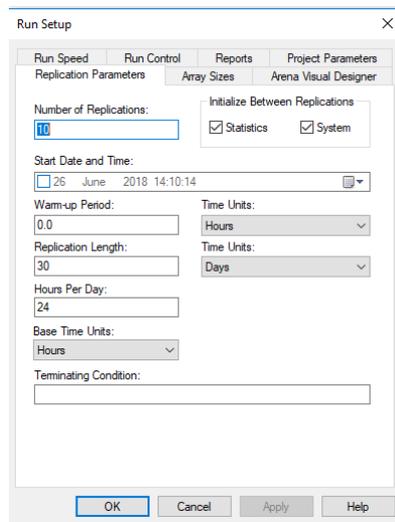
Pada skenario ini batas persediaan di turunkan menjadi 30,000 (dari sebelumnya *base case* sebesar 45,000) dan waktu pengisian adalah dalam rentang waktu 1 minggu terdapat kedatangan 2 barge.

4. Skenario sistem persediaan yang menjadikan batas persediaan dan batas pengisian sebagai parameter dilakukannya pengisian persediaan (S, s)

Model skenario 4 ini memiliki konfigurasi sistem persediaan yang serupa dengan *base case scenario*. Dengan perbedaan bahwa dalam skenario ini akan dilakukan penurunan tingkat *stock* pada *storage*. Hal ini dengan tujuan untuk melihat apakah dengan stok yang lebih sedikit *stock inventory* masih dapat memenuhi konsumsi di dalam pabrik atautkah tidak, serta untuk melihat *impact* terhadap biaya persediaan apakah lebih efisien atau tidak. Pada model ini target *inventory* batubara diturunkan menjadi sejumlah 30,000-ton dengan *reorder point* menjadi sebanyak 18,000 ton.

4.2.5 Hasil dan Analisa output skenario perbaikan

Setelah dilakukan running dari masing-masing skenario selama rentang waktu 30 Hari dan dalam basis *hourly* dengan jumlah sebanyak 10 kali replikasi didapatkan beberapa output yang tertera dalam lampiran.



Gambar 4. 11 Parameter running *software* arena

Adpun *summary* dari hasil *running* dari 4 skenario berbeda tertampil dalam tabel berikut ini:

Tabel 4. 5 Hasil *Running* simulasi *inventory management* batubara PT. HIJ

Strategi Inventory		Base Case			Q,t					Q,s				
No	Replikasi	Inventory Level	Below Safety stock level	Inventory Cost	Inventory Level	Below Safety stock level	Inventory Cost	Reorder Times	Reorder Cost	Inventory Level	Below Safety stock level	Inventory Cost	Reorder Times	Reorder Cost
1	1	21.325	7	10.265.087.300	40.798	0	19.638.688.472	2	40.000.000	36.655	0	17.644.397.420	2	40.000.000
2	2	14.241	26	6.855.104.724	38.578	0	18.570.060.392	2	40.000.000	38.003	0	18.293.276.092	2	40.000.000
3	3	15.006	20	7.223.348.184	40.401	0	19.447.586.964	2	40.000.000	39.679	0	19.100.042.156	2	40.000.000
4	4	19.152	0	9.219.083.328	36.199	0	17.424.895.436	2	40.000.000	40.514	0	19.501.981.096	2	40.000.000
5	5	6.571	35	3.163.042.844	38.648	0	18.603.755.872	2	40.000.000	34.483	0	16.598.874.812	2	40.000.000
6	6	15.337	17	7.382.679.668	35.931	0	17.295.889.884	2	40.000.000	37.584	0	18.091.584.576	2	40.000.000
7	7	20.279	3	9.761.580.556	36.037	0	17.346.914.468	3	60.000.000	40.706	0	19.594.402.984	3	60.000.000
8	8	18.318	5	8.817.625.752	36.925	0	17.774.365.700	1	20.000.000	33.950	0	16.342.307.800	1	20.000.000
9	9	12.276	33	5.909.224.464	41.148	0	19.807.165.872	2	40.000.000	40.047	0	19.277.184.108	2	40.000.000
10	10	21.321	3	10.263.161.844	40.633	0	19.559.263.412	3	60.000.000	36.680	0	17.656.431.520	2	40.000.000
	Average	16.383	14,9	7.885.993.866	38.530	0	18.546.858.647	2	42.000.000	37.830	0	18.210.048.256	2	40.000.000
	Stdev	4.668	13,1	2.247.046.076	2.132	0,0	1.026.366.453	0,57	11.352.924	2.423	0,0	1.166.578.268	0,47	9.428.090
Strategi Inventory		S,t					S,s							
No	Replikasi	Inventory Level	Below Safety stock level	Inventory Cost	Reorder Times	Reorder Cost	Inventory Level	Below Safety stock level	Inventory Cost	Reorder Times	Reorder Cost			
1	1	29.164	0	14.038.499.696	4	80.000.000	31.005	0	14.924.690.820	2	40.000.000			
2	2	28.170	0	13.560.023.880	4	80.000.000	33.044	0	15.906.192.016	2	40.000.000			
3	3	30.779	0	14.815.902.556	4	80.000.000	30.686	0	14.771.135.704	2	40.000.000			
4	4	26.738	0	12.870.710.632	5	100.000.000	28.417	0	13.678.920.788	3	60.000.000			
5	5	30.060	0	14.469.801.840	5	100.000.000	31.341	0	15.086.429.124	3	60.000.000			
6	6	32.150	0	15.475.852.600	4	80.000.000	28.253	0	13.599.977.092	3	60.000.000			
7	7	28.559	0	13.747.274.476	4	80.000.000	28.888	0	13.905.643.232	3	60.000.000			
8	8	35.124	0	16.907.429.136	3	60.000.000	30.760	0	14.806.756.640	2	40.000.000			
9	9	30.583	0	14.721.555.212	3	60.000.000	32.336	0	15.565.386.304	2	40.000.000			
10	10	31.210	0	15.023.370.440	2	40.000.000	32.084	0	15.444.082.576	3	60.000.000			
	Average	30.254	0	14.563.042.047	3,8	76.000.000	30.681	0	14.768.921.430	3	50.000.000			
	Stdev	2.343	0,0	1.127.912.882	0,9	18.378.732	1.669	0,0	803.456.174	1	10.540.926			

Hasil dari output *software running* arena dengan 4 skenario berbeda didapatkan menunjukkan dalam kondisi *base case inventory cost* memang berada cukup minim (*inventory cost* rendah) akan tetapi seringkali menyentuh batas *safety stock*, sehingga kondisi ini membuat peneliti harus berfikir dan menciptakan strategi *inventory* yang secara *cost* masih *acceptable* akan tetapi mampu memberikan jaminan keamanan stock yang mencukupi, karena batubara sendiri menjadi cukup vital bagi sebuah pabrik semen. Kondisi *inventory* yang seringkali berada dibawah *safety stock level* akan menunjukkan kinerja *inventory management* yang lemah karena tidak dapat mengondisikan *inventory* dalam level yang cukup memadai.

Skenario *improvement* dengan mensimulasikan berbagai kebijakan *inventory* telah memberikan hasil sebagaimana tertera dalam tabel dimana untuk *inventory cost* yang paling rendah didapatkan pada strategi *inventory* (S, t) namun dengan konsekuensi biaya *reorder cost* yang cukup tinggi. Sedangkan untuk skenario dengan *reorder cost* paling rendah adalah skenario kebijakan (Q, s) akan tetapi peringkat *inventory* levelnya menjadi urutan nomor 2 paling tinggi diantara kebijakan *inventory* yang lainnya. Kebijakan *inventory* (Q, t) dalam penelitian ini memiliki peringkat tertinggi dalam hal biaya *inventory* namun dari segi biaya *reorder* masih tidak terlalu terlampaui jauh berbeda dengan kebijakan (Q, s) dan juga masih lebih rendah dari 2 kebijakan *inventory* yang lain. Kebijakan *inventory* (S, s) dalam penelitian ini mempunyai peringkat kedua terendah dibawah kebijakan *inventory* (S, t) dengan biaya *reorder cost* yang juga berada di tengah-tengah diantara kebijakan yang lain.

4.2.6 Implikasi *management* terhadap usulan skenario simulasi

Implikasi *management* dari hasil penelitian yang telah dilakukan dari output hasil simulasi memiliki respon yang berbeda-beda, berikut *summary* dari implikasi *management* terhadap skenario yang di usulkan

Tabel 4. 6 *Mangement implication* terhadap usulan skenario perbaikan

No	Real/Scenario	Number of point below safety stock level	Inventory cost	Number of stock out in simulation	Reorder Times	Reorder Cost	Total Inventory cost	Management Suggestion	Potential savings
1	Real Case	12	21.604.065.079				21.604.065.079		
2	Base Case	15	7.885.993.866	0			7.885.993.866	Improve	
3	Scenario 1	0	18.546.858.647	0	2	42.000.000	19.050.858.647	Reject	2.553.206.432
4	Scenario 2	0	18.210.048.256	0	2	40.000.000	18.690.048.256	Moderate	2.914.016.823
5	Scenario 3	0	14.563.042.047	0	4	76.000.000	15.475.042.047	Suggest	6.129.023.032
6	Scenario 4	0	14.768.921.430	0	3	50.000.000	15.368.921.430	Strongly suggest	6.235.143.649

Dari hasil *interview* dan pemaparan data-data hasil output simulasi berdasarkan skenario yang telah ditetapkan kepada pihak *management*, didapatkan hasil bahwa *management* sangat setuju jika policy pada skenario 4 di terapkan., untuk skenario 3 yang memiliki *cost* yang hampir sama dengan skenario 4 juga disarankan untuk diaplikasikan, *management* juga menduga jika dapat diterapkan kombinasi kebijakan (S,s,t) sepertinya juga menjadi pilihan, akan tetapi belum terdapat *proven* data untuk menyimpulkan hal tersebut karena dalam studi ini tidak disimulasikan skenario dengan kombinasi 3 kebijakan sekaligus. Untuk skenario 2 dari pihak *management* masih terbuka jika akan dicoba untuk di aplikasikan, sedangkan untuk skenario 1 dari pihak *management* mencoret dan tidak menyetujui untuk diterapkan karena dari hasil simulasi akan *generate* total *inventory cost* yang terlalu tinggi.

Dari skenario terpilih selanjutnya perusahaan di sarankan untuk mengaplikasikan skenario terpilih 3 (kebijakan S,t) sebagai dasar kebijakan *inventorynya* yaitu dengan menerapkan kebijakan kedatangan *barge* dengan kuota dalam 2 minggu terdapat 2 *barge* batubara yang datang serta menerapkan *regular periodic review* untuk melihat nilai *inventory* batubara dalam jangka waktu 2 minggu sekali (actual yang terjadi *periodic review* hanya dilakukan dalam jangka 1 bulan sekali). Serta menerapkan kebijakan untuk menurunkan *maximum storage* batubara dari 45,000 ton menjadi 30,000 ton.

(halaman ini sengaja di kosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Model simulasi yang dibuat telah cukup memberikan tiruan dari sistem *real* kondisi *supply chain* khususnya dalam hal pemodelan *inventory* batubara di pabrik semen PT.HIJ dibuktikan dengan lolosnya dari uji verifikasi dan validasi
2. Simulasi dari 4 skenario kebijakan *inventory* memberikan hasil bahwa strategi *inventory* (S, t) memiliki nilai *inventory* paling rendah dari skenario yang lain namun masih memiliki biaya *reorder* yang tinggi.
3. Dari berbagai kebijakan yang disimulasikan dilakukan *periodic review* dalam 2 minggu sekali dan juga menurunkan level maksimum stock menjadi di level 30,00 ton, untuk melihat valuasi dari *inventory* batubara dan *tally* berapa titik yang berada dibawah *safety stock* dengan tujuan untuk menurunkan *inventory cost* dan mempertahankan *service level*

Kemudian saran-saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Proses *supply chain* dalam industry manufaktur semen cukup *complicated* dan masih terdapat beberapa proses yang bisa di eksplorasi untuk diteliti lebih lanjut
2. Skenario kebijakan dengan 2 parameter kebijakan yang di fokuskan dalam penelitian ini sudah dapat memberikan gambaran output biaya *inventory* dan biaya *reorder* dengan berbagai kebijakan *inventory* yang berlaku. Tidak menutup kemungkinan dengan menggunakan model simulasi arena dengan model yang sama dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengkombinasikan berbagai kebijakan (lebih dari 3 parameter kebijakan).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Agueldo, I. (2009). *Supply chain management in cement industry*. Massachusetts, USA: Massachusetts Institute Of Technology.
- Benko , J. (2010). *Modelling supply chain with simulation* . Advanced Logistic Systems Vol. 4.
- Chopra, S., & Meidl, P. (2013). *Supply Chain Management: Strategy Planning and Operation*. New York: Prentice-Hall.
- Copper, D., & Schindler, P. (2011). *Business Research Methods (11e)*. New York: McGraw Hill/Irwin.
- Elhasia, T., Noche, B., & Zhao, L. (2013). Simulation of a sustainable cement supply chain; proposal model review . *International Journal of Industrial dan Manufacturing Engineering*, 418-426.
- Gao, T., Shen, L., Shen, M., Liu, L., & Chen, F. (2016). Analysis of material flow and consumption in cement production. *Journal of Cleaner Production*, 553-565.
- Kelton, W., Sadowski, R., & Swets, N. (2010). *Simulation with Arena (5th edition)*. Singapore: McGraw-Hill.
- Lau, R., Xie, J., & Zhao, X. (2008). Effects of Inventory Policy on Supply Chain Performance: A Simulation Study of Critical Decision Parameters. *Computers and Industrial Engineering*, Vol 55 pg. 620-633.
- Law, A., & Kelton, W. (2000). *Simulation Modelling and Analysis (3rd edition)*. Singapore: McGraw-Hill.
- Matsebatlela, M. (2015). Inventory Management Framework to minimize supply and demand mismatch on a manufacturing organization. *IFAC PapersOnLine*, 260-265.
- Noche, B., & Tarek , E. (2013). Approach to innovative supply chain strategies in cement industry; Analysis and Model simulation. *Procedia*, 359-369.
- Simichi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simichi-Levi, E. (2004). *Managing the Supply Chain 3e*. McGraw-Hill.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Tuban pada tanggal 09 Nopember 1987. Penulis menamatkan pendidikan dasar di MI Muhammadiyah 3 Panyuran Palang Tuban, selanjutnya meneruskan pendidikan pada SMP Negeri 5 Tuban, setelahnya penulis melanjutkan ke SMA Negeri 1 Tuban dimana saat menempuh jenjang SMA penulis mendapatkan juara pada Lomba Karya Tulis Ilmiah tingkat Nasional yang mana atas prestasi tersebut penulis dapat masuk ke jenjang perguruan tinggi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada jurusan Teknik Industri melalui jalur PMDK Prestasi. Setelah menyelesaikan kuliah dalam waktu studi normal Penulis kemudian mendapat tawaran menjadi dosen pada Universitas Ronggolawe Tuban yang mana penulis mengabdikan diri selama 1 tahun pada institusi tersebut. Untuk kemudian penulis memutuskan berkarir di perusahaan semen multinasional PT. Holcim Indonesia, Tbk selama kurang lebih 8 tahun berjalan. Selama bekerja di perusahaan tersebut penulis berkesempatan untuk melanjutkan pendidikan melalui jalur Magister Manajemen Teknologi ITS dengan konsentrasi Manajemen Industri. Jika menginginkan kontak lebih lanjut untuk penelitian ini bisa berkirim pesan pada alamat email iurdzaiz@gmail.com.