

Simulasi Penurunan Nilai *Lost Cargo* di Pelabuhan dengan Pendekatan Sistem Dinamis

Asep Ridwan[†], Ratna Ekawati, Putro Ferro Ferdinant, M. Wildan Alief

Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon – Banten

asep.ridwan@untirta.ac.id, ratna.ti@untirta.ac.id, putroferro@ft-untirta.ac.id, mwildanalief@gmail.com

Abstract. Pelabuhan merupakan gerbang dalam perdagangan di suatu negara. Pelabuhan CDG merupakan pelabuhan di Banten sebagai gerbang untuk keluar masuk barang untuk industri-industri di Banten. Kinerja pelabuhan di suatu negara sangat mempengaruhi perekonomian secara nasional. Pelabuhan CDG mempunyai fokus untuk cargo curah kering seperti pupuk, jagung, kedelai, gandum, iron ore, gypsum, dsb. Dalam proses bongkar muat barang dipelabuhan diperlukan checker atau pengawasan terhadap kargo yang akan dibongkar untuk mencegah terjadinya *lost cargo* dan barang *reject* yang tidak sesuai dengan persyaratan konsumen sehingga tidak terjadi biaya *penalty* dari perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai *appraisal cost* paling minimal yang berdampak pada pengurangan *lost cargo* yang terjadi di pelabuhan dengan simulasi sistem dinamis. Penelitian dimulai dengan memodelkan proses di pelabuhan terkait dengan *appraisal cost* di pelabuhan kemudian dilakukan simulasi dengan sistem dinamis untuk mengurangi nilai *lost cargo cost*. Hasil yang diperoleh terdapat 3 skenario alternatif perbaikan simulasi terhadap *appraisal cost* untuk mengurangi *lost cargo*. Skenario 1 adalah dengan melakukan peningkatan jumlah *checkers* menjadi 245 *checkers* per kapal dan peningkatan jumlah pengecekan *equipment* menjadi 20 pengecekan per tahun. Skenario 2 adalah dengan melakukan peningkatan jumlah *checkers* menjadi 245 *checkers* per kapal dan peningkatan jumlah pengecekan *transporter* menjadi 329 pengecekan per tahun. Skenario 3 melakukan peningkatan jumlah *checkers*, jumlah pengecekan *equipment* dan jumlah pengecekan *transporter*. Berdasarkan hasil simulasi, skenario 2 menjadi skenario alternatif perbaikan terpilih karena memiliki *appraisal cost* paling minimal yaitu Rp 77.339.923.

Keywords: System Dinamis, Lost Cargo, Pelabuhan, Simulasi

1. PENDAHULUAN

Pelabuhan menjadi simpul penting dalam arus perdagangan dan distribusi barang di Indonesia maupun di dunia. Pelabuhan adalah sebuah fasilitas yang berada diujung pulau untuk tempat bersandarnya kapal dan distribusi barang kargo ataupun penumpang. Pelayanan yang buruk dari pelabuhan akan berdampak besar bagi kegiatan perdagangan dan distribusi barang di Indonesia. Salah satu kegiatan yang ada di pelabuhan adalah proses bongkar muat barang dari atau ke kapal. *Appraisal cost* dikeluarkan dalam rangka pengukuran dan analisis data untuk menentukan apakah produk sesuai dengan spesifikasinya dan persyaratan kualitas atau biaya yang dikeluarkan untuk mengukur, mengevaluasi dan mengaudit produk seperti biaya aktivitas pengawasan, biaya pengujian mutu, biaya pemeriksaan mutu. Tujuan utama penilaian adalah untuk menghindari terjadinya kesalahan dan kerusakan sepanjang proses perusahaan, misalnya

mencegah pengiriman barang-barang yang tidak sesuai dengan persyaratan kepada pelanggan. Pencegahan barang *reject* atau barang *lost cargo* pada saat bongkar muat barang dengan mengoptimalkan *checker* dapat mengurangi biaya *penalty* dari perusahaan terkait. Dengan mengurangi barang yang *reject* atau tidak memenuhi standar kualitas yang dapat merugikan perusahaan maka perusahaan mampu memperkecil *cost of poor quality*, sehingga optimalisasi *appraisal cost* merupakan hal yang penting bagi perusahaan karena perusahaan dituntut dapat menentukan besaran *appraisal cost* yang tepat dan optimal dengan mensimulasikan dan memodelkan *appraisal cost*.

Simulasi didefinisikan sebagai tiruan dari sebuah sistem dinamis dengan menggunakan model komputer untuk melakukan evaluasi dan meningkatkan kinerja sistem (Harell, 2000). Dengan metode simulasi, para perancang sistem dapat mempelajari perubahan terhadap sistem hanya dengan melakukan eksperimen tanpa harus mengeluarkan banyak waktu dan biaya yang berkaitan dengan

[†] :Corresponding Author

pembangunan sistem secara fisik. Model adalah alat yang sangat berguna untuk menganalisis maupun merancang sistem. Sebagai alat komunikasi yang sangat efisien, model dapat menunjukkan bagaimana suatu operasi bekerja dan mampu merangsang untuk berpikir bagaimana meningkatkan atau memperbaikinya. Dengan membuat model dari suatu sistem maka diharapkan dapat lebih mudah untuk melakukan analisis. Hal ini merupakan prinsip pemodelan, yaitu bahwa pemodelan bertujuan untuk mempermudah analisis dan pengembangannya.

Beberapa penelitian yang terkait dengan *cost of poor quality* seperti Kiani (2009) bahwa peningkatan biaya pencegahan dan penurunan biaya kegagalan eksternal dapat meningkatkan tingkat kepuasan pelanggan. Penelitian berikutnya Rimadhani (2010) yang menyatakan bahwa secara bersama-sama biaya pencegahan, biaya penilaian, biaya kegagalan internal, dan biaya kegagalan eksternal memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap profitabilitas. Sedangkan penelitian yang telah dilakukan dengan simulasi di pelabuhan CDG, diantaranya oleh Adriani (2014) tentang optimalisasi penanganan bongkar muat produk *slab steel* dengan mengeliminasi aktifitas truk menunggu *unloading*, mereduksi waktu transportasi, mereduksi waktu *unloading* dan pengurangan *resources* truk; Indrhanif (2014) yang meneliti tentang optimasi jumlah dan kapasitas truk di dermaga bongkar muat pupuk dengan mengoptimalkan penggunaan jumlah 8 truk untuk bongkar muat pupuk 6500 ton per hari; dan Febriarti (2014) yang menjeaskan bahwa masih sering terjadi keterlambatan dalam proses bongkar muatan *coal* dari kapal sehingga perlunya identifikasi *waste* apa saja yang terjadi dan pada akhirnya diaplikasikan *lean manufacturing* demi meminimasi pemborosan waktu yang terjadi sehingga keterlambatan bongkar muat dapat dicegah.

Dengan adanya berbagai permasalahan dan Pelabuhan CDG belum menerapkan konsep *cost of quality* serta masih terdapatnya *lost cargo* pada proses pembongkaran kargo maka peneliti melakukan simulasi dengan memodelkan dan menghitung *appraisal cost* yang diperlukan sehingga dapat menentukan jumlah optimal *checkers* yang dibutuhkan dalam kegiatan bongkar muat barang di dermaga dan menentukan skenario-skenario perbaikan untuk mendapatkan *appraisal cost* yang optimal sehingga Pelabuhan CDG dapat mengeluarkan *cost* yang tepat dan tidak mengeluarkan *cost* yang terlalu besar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Model Sistem Dinamis

Pemodelan (*modelling*) dapat diartikan sebagai tiruan model dunia nyata yang dibuat *virtual* (Sterman, 2000). Bentuk yang berupa tiruan ini maka model tidak mesti harus sama persis dengan aslinya, minimal memiliki keserupaan. Model yang dibuat harus dilakukan analisis lebih lanjut. Pemodelan merupakan kumpulan aktivitas pembuatan model. Model juga dikategorikan dalam tiga macam model yaitu model statis, model statis komparatif dan model dinamis. Model statis menggambarkan fenomena kejadian pada saat ini. Model statis komparatif merupakan model yang membandingkan beberapa fenomena dengan kejadian yang berbeda dalam suatu waktu. Model dinamis merupakan model yang dapat dikembangkan untuk menunjukkan perubahan *over time* permintaan dan pasokan.

Menurut Sterman (2000) *System Thinking* (berfikir sistem) merupakan pendekatan yang melihat dunia sebagai *complex system*, semua saling berhubungan, sehingga tidak mungkin hanya melakukan satu hal. *System thinking* cocok untuk suatu lingkungan yang kompleks, dimana dengan pendekatan berfikir sistem maka kekompleksan akan dilihat sebagai suatu yang holistik dan saling terkait. Menurut Haines (2000) *System Thinking* mempelajari organisasi sebagai sebuah kesatuan interaksi lingkungannya. *System Thinking* kemudian bekerja mundur untuk memahami bagaimana setiap bagian dari kesatuan itu dapat saling berhubungan dan saling mendukung tujuan sistem tersebut. Proses pemodelan menurut Sterman (2000) terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Perumusan masalah dan pemilihan batasan dunia nyata.
Tahap ini meliputi kegiatan pemilihan tema yang akan dikaji, penentuan variabel kunci, rencana waktu untuk mempertimbangkan masa depan yang jadi pertimbangan serta seberapa jauh kejadian masa lalu untuk mempertimbangkan masa depan yang jadi pertimbangan serta seberapa jauh kejadian masa lalu dari akar masalah tersebut dan selanjutnya mendefinisikan masalah dinamisnya.
- b. Formulasi hipotesis dinamis
Tahap ini meliputi penetapan hipotesis berdasarkan pada teori perilaku terhadap masalah dan membangun peta struktur kausal melalui gambaran model mental pemodel dengan bantuan alat-alat seperti *Causal Loop Diagram* (CLD) dan *stock flow diagram*.

Penyelesaian pemodelan dapat dikelompokkan menjadi tiga macam yaitu optimasi standar, *meta-heuristik* dan simulasi. Model merupakan deskripsi atau analogi yang digunakan untuk membantu memvisualisasikan sesuatu yang tidak dapat diamati secara langsung, meskipun dalam beberapa kasus mungkin aspek-aspek tertentu dapat diamati secara langsung (Daellenbach & McNickle, 2005). Sterman (2000) mendefinisikan bahwa sistem dinamik adalah metode untuk meningkatkan pembelajaran dalam sistem yang kompleks. Lebih lanjut, metode ini diilustrasikan seperti sebuah simulasi dalam kokpit pesawat bagi manajemen untuk memahami dalam belajar dinamika yang kompleks, memahami sumber resistensi (hambatan) dalam kebijakan dan merancang kebijakan yang lebih efektif. Pemahaman kekompleksan tersebut maka sistem dinamik didasarkan atas teori dinamika non linier dan kontrol umpan balik yang dikembangkan dalam disiplin ilmu matematika, fisika dan rekayasa. Sistem dinamik adalah metodologi berfikir, metodologi untuk mengabstraksikan suatu fenomena di dunia sebenarnya ke model yang lebih eksplisit. Fenomena yang dimaksud meliputi dua hal yaitu struktur dan perilaku. Struktur merupakan suatu unsur pembentuk fenomena. Pola yang mempengaruhi keterkaitan antar unsur tersebut adalah (1) *feedback (causal loop)*; (2) *stock (level)* dan *flow (rate)*; (3) *delay*; dan (4) *nonlinearity*. Perilaku (*behaviour*) adalah perubahan suatu besaran atau variabel dalam suatu kurun waktu tertentu, baik kuantitatif maupun kualitatif atau catatan tentang *magnitude* (besar, nilai, angka) sesuatu dalam suatu kurun waktu tertentu (pertumbuhan, penurunan, osilasi, stagnan, atau kombinasinya). Pemahaman hubungan struktur dan perilaku sangat diperlukan dalam mengenali suatu fenomena. Menurut Daellenbach (1994) sistem dinamis merupakan keadaan dari sistem yang mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Setiap titik keputusan di masa depan mungkin akan menghadapi keadaan yang berbeda dari sistem yang telah terpengaruh oleh perubahan input lingkungan.

Pembuatan model dinamika sistem umumnya dilakukan dengan menggunakan *software* yang memang dirancang khusus. *Software* tersebut seperti *Powersim*, *Vensim*, *Stella*, dan *Dynamo*. Dengan *software* tersebut model dibuat secara grafis dengan simbol-simbol atas variabel dan hubungannya. Namun demikian tidak menutup kemungkinan sebuah *software* yang dapat mengolah operasi matematis jenis *spreadsheet* seperti *Microsoft Excel* atau *Lotus* juga bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan pembuatan model dinamika sistem.

Sistem dinamik awalnya digunakan untuk mengkaji dinamika industri oleh JW Forrester. Sistem dinamik ini merupakan pendekatan yang membantu manajemen puncak dalam memecahkan permasalahan kecil dan dianggap sukar untuk dipecahkan. Kebanyakan orang dalam menetapkan tujuan yang hendak dicapai pada awalnya terlalu rendah. Hal yang diinginkan adalah sebuah peningkatan dengan sikap umum yang dilakukan dalam lingkungan akademis, yaitu dengan menjelaskan perilakunya dan setelah itu menemukan struktur dan kebijakan untuk hasil yang lebih baik (Sterman 2000).

Sistem dinamik merupakan suatu metodologi untuk mempelajari permasalahan di sekitar yang melihat permasalahan secara keseluruhan (holistik). Metodologi ini tidak seperti metodologi lain yang mengkaji permasalahan dengan memilahnya menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan saling membatasi. Konsep utama sistem dinamik adalah pemahaman tentang bagaimana semua obyek dalam suatu sistem saling berinteraksi satu dengan yang lain. Sistem dinamik menurut masyarakat sistem dinamik (*system dynamics society*) adalah metodologi untuk mempelajari dan mengelola sistem umpan balik yang kompleks, seperti yang biasa ditemui dalam dunia bisnis dan sistem sosial lainnya.

Pembuatan model dinamika sistem umumnya dilakukan dengan menggunakan *software* yang memang dirancang khusus. *Software* tersebut seperti *Powersim*, *Vensim*, *Stella*, dan *Dynamo*. Dengan *software* tersebut model dibuat secara grafis dengan simbol-simbol atas variabel dan hubungannya. Namun demikian tidak menutup kemungkinan sebuah *software* yang dapat mengolah operasi matematis jenis *spreadsheet* seperti *Microsoft Excel* atau *Lotus* juga bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan pembuatan model dinamika sistem. Sistem dinamik awalnya digunakan untuk mengkaji dinamika industri oleh JW Forrester. Sistem dinamik ini merupakan pendekatan yang membantu manajemen puncak dalam memecahkan permasalahan kecil dan dianggap sukar untuk dipecahkan.

Model simulasi yang dibangun harus kredibel. Representasi kredibel sistem nyata oleh model simulasi ditunjukkan oleh verifikasi dan validasi model. Verifikasi memeriksa penerjemahan model simulasi konseptual (diagram alur dan asumsi) ke dalam bahasa pemrograman secara benar (Law dan Kelton, 1991), validasi adalah penentuan apakah mode konseptual simulasi (sebagai tandingan program komputer) adalah representasi akurat dari sistem nyata yang sedang dimodelkan (Law dan Kelton, 1991).

Salah satu uji validasi yang digunakan adalah ANOVA, yaitu sebuah metode yang digunakan untuk membandingkan rata-rata dari beberapa populasi yang diwakili oleh beberapa kelompok sampel secara bersama. Anova dapat digunakan untuk menganalisa sejumlah sampel dengan jumlah data yang sama pada tiap-tiap kelompok sampel, atau dengan jumlah data yang berbeda. ANOVA mensyaratkan data-data penelitian untuk dikelompokkan berdasarkan kriteria tertentu. Penggunaan "variance" sesuai dengan prinsip dasar perbedaan sampel: sampel yang berbeda dilihat dari variabilitas-nya.

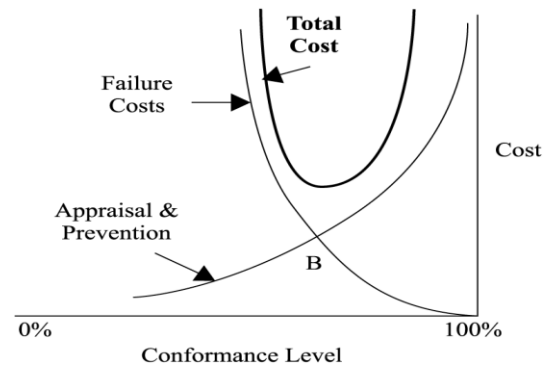
Uji hipotesis dengan ANOVA digunakan, setidaknya karena beberapa alasan berikut: i) memudahkan analisa atas beberapa kelompok sampel yang berbeda dengan resiko kesalahan terkecil; ii) mengetahui signifikansi perbedaan rata-rata (μ) antara kelompok sampel yang satu dengan yang lain. Bisa jadi, meskipun secara numeris bedanya besar, namun berdasarkan analisa ANOVA, perbedaan tersebut tidak signifikan sehingga perbedaan μ bisa diabaikan. Sebaliknya, bisa jadi secara numeris bedanya kecil, namun berdasarkan analisa ANOVA, perbedaan tersebut signifikan, sehingga minimal ada satu μ yang berbeda dan perbedaan μ antar kelompok sampel tidak boleh diabaikan (Walpole, 1990).

Biaya Kualitas

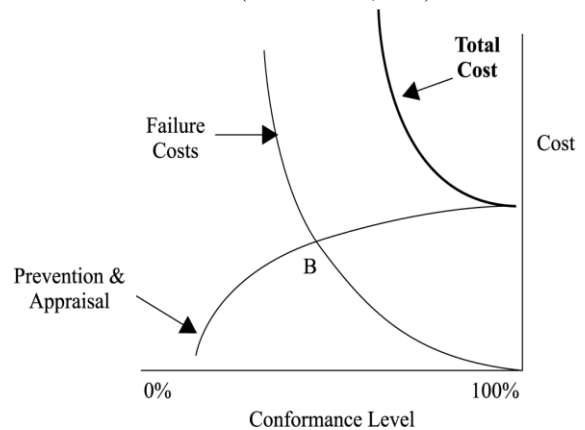
Istilah "biaya kualitas" memiliki arti yang berbeda bagi orang yang berbeda. Menurut Juran (1998) "biaya kualitas" adalah biaya kualitas yang buruk (terutama biaya untuk menemukan dan mengoreksi pekerjaan cacat). Sedangkan menurut Hansen dan Mowen (2005) biaya kualitas adalah biaya yang ada karena kualitas yang buruk yang mungkin ada atau tidak ada. *Cost of quality* (biaya mutu atau biaya kualitas) adalah biaya yang dikeluarkan untuk mencegah produk yang dihasilkan berkualitas rendah, atau merupakan biaya yang timbul sebagai akibat menghasilkan produk yang memiliki kualitas rendah (Horngren dkk, 2005).

Menurut Ross dalam Nasution (2004), biaya kualitas dapat diklasifikasikan menjadi empat kategori, yaitu: i) *Prevention Cost*, Biaya ini merupakan biaya yang terjadi untuk mencegah kerusakan produk yang dihasilkan. Biaya ini meliputi biaya yang berhubungan dengan perancangan, pelaksanaan, dan pemeliharaan sistem kualitas; ii) *Appraisal Cost*, biaya yang terjadi untuk menentukan apakah produk dan jasa sesuai dengan persyaratan-persyaratan kualitas. iii) *Internal Failure Cost*, biaya yang terjadi karena ada ketidaksesuaian dengan persyaratan dan

terdeteksi sebelum barang atau jasa tersebut dikirimkan ke pihak luar (pelanggan). iv) *External Failure Cost*, biaya yang terjadi karena produk atau jasa gagal memenuhi persyaratan-persyaratan yang diketahui setelah produk tersebut dikirimkan kepada pelanggan. Dua model konseptual disajikan untuk biaya kesesuaian. setiap model menunjukkan tiga kurva: kegagalan, pencegahan ditambah penilaian, dan biaya total.



Gambar 1. *The Traditional Model COQ*
(Sumber: Kiani, 2009)



Gambar 2. *The PAF Value Model*
(Sumber: Kiani, 2009)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *System dynamics* dengan tahapan perancangan model dan simulasi mengikuti metode Sterman (2000). Sedangkan perhitungan *lost cargo* yang dikonversi menjadi *lost cargo cost* mengikuti perhitungan *cost of quality* dari Kiani (2009). Penelitian dimulai dengan observasi lapangan dan studi literature untuk merumuskan permasalahan di pelabuhan dan memfokuskan topik penelitian beserta tujuan dan sasarannya. Kemudian dilakukan pengumpulan data terkait

biaya-biaya yang berhubungan dengan *appraisal cost*. Selanjutnya dibangun model konseptual dengan bantuan *causal loop diagram* yang kemudian dibuat *stock flow diagram* untuk mensimulasikan model sesuai dengan tujuan. Studi kasus difokuskan pada salah satu kargo di pelabuhan CDG, yaitu pupuk.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan wawancara dengan pelabuhan CDG, hasil bongkar kargo dikatakan *lost cargo* jika melebihi dari batas toleransi yang sudah ditetapkan perusahaan yaitu sebesar 0,003%. Hasil data yang diperoleh pada saat pembongkaran kargo terlihat 5 kapal mengalami *lost cargo* dengan total *lost cargo* sebesar 1,60 %. Hal ini yang menjadi dasar untuk melakukan penelitian dan mengusulkan perbaikan kinerja perusahaan berdasarkan besaran *appraisal cost* yang dikeluarkan perusahaan.

Pengumpulan Data

Data yang berhasil dikumpulkan dalam kategori *appraisal cost* di Pelabuhan CDG terdiri dari: *Supervision Checker, Customs Clearance, Draft Survey, Checking Cost Equipment, Checking Transporter, dan total sales*. Data yang berhubungan dengan kegiatan *appraisal* tersebut dijelaskan sebagai berikut:

A. Supervision checker

Supervision checker merupakan faktor yang mempengaruhi dalam biaya penilaian atau pengecekan untuk mencegah terjadinya *lost cargo* dalam bongkar muat kargo yang mengakibatkan adanya biaya *penalty*. *Checker* memiliki tugas untuk mengawasi proses selama pembongkaran berlangsung dan mencatat hasil bongkar kargo ke dalam *Statement of Fact* (Sof). Berdasarkan data yang diberikan oleh Pelabuhan CDG diketahui besaran biaya yang dikeluarkan untuk membayar satu orang *checker* per sekali *check* adalah Rp. 7.000,- dengan total *supervision cost* sebesar Rp 49.770.000,-.

B. Custom Clearance

Customs Clearance adalah proses administrasi pengiriman dan atau pengeluaran barang ke atau dari pelabuhan muat atau bongkar yang berhubungan dengan kepabeanan dan administrasi pemerintah. Berdasarkan data yang diberikan oleh Pelabuhan CDG diketahui besaran biaya yang dikeluarkan untuk *custom clearance* adalah Rp. 1.750/Ton dengan total *custom clearance cost* sebesar Rp 211.849.575,-.

C. Draft Survey

Draft Survey adalah sistem perhitungan muatan kapal berdasarkan pembacaan dan pengukuran *draft mark* kapal sebelum dan sesudah pemuatan ataupun pembongkaran dengan memperhitungkan juga perubahan berat barang-barang di atas kapal selain muatan yg mungkin terjadi selama proses operasi muat dan bongkar tersebut. Berdasarkan data yang diberikan oleh Pelabuhan CDG diketahui besaran biaya yang dikeluarkan untuk *draft survey* adalah Rp. 150/Ton dengan total biaya *draft survey cost* sebesar Rp 18.158.535,-.

D. Checking Equipment

Berikut merupakan data *checking cost equipment* selama tahun 2013. Biaya pengecekan oleh konsultan tahun 2013:

1. Pengecekan 5 crane Rp 68 juta selama 2 hari
2. Pengecekan 5 wheel loader dan forklift Rp 30 juta selama 2 hari

E. CheckingTransporter

Checking transporter merupakan variabel yang berpengaruh dalam penentuan *appraisal cost* untuk mencegah terjadinya kerusakan (*trouble*) yang terjadi pada truk. Berikut Data *checking transporter* pada tahun 2013 sebanyak 165 *checking* dengan total biaya Rp 47.233.715,-.

F. Total Sales

Berdasarkan wawancara dengan manager *Logistic Service*, selama tahun 2013 Pelabuhan CDG mendapatkan pemasukan (*sales*) sebesar Rp. 444.976.000.000

Pengolahan Data

Tahapan dalam pengolahan data mengacu kepada metoda Stermann (2000) sebagai berikut:

Model Konseptual

Tahap pertama ini terdiri dari:

A. Problem Definition

Permasalahan yang akan diamati dan diteliti adalah pengoptimalan jumlah *checker* untuk menghindari *lost cargo* dan pengoptimalan besaran biaya *appraisal cost* pada saat proses pembongkaran kargo pupuk di dermaga Pelabuhan CDG karena *lost cargo* yang terjadi dapat berdampak terkenanya *pinalty* pada perusahaan. Peneliti mencoba mengoptimalkan jumlah *checker* selama proses bongkar muat berlangsung untuk menghindari *lost cargo* dengan menggunakan *tools* yaitu simulasi sistem dinamik agar nantinya

simulasi dapat dilakukan untuk beberapa tahun kedepan.

B. Identification of Key Variabel

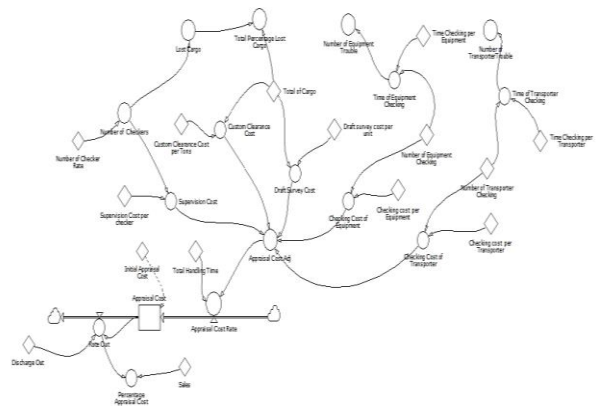
Dalam menentukan besaran *appraisal cost* peneliti perlu mengetahui kegiatan apa saja yang termasuk kegiatan pengecekan atau pengawasan. Dari berbagai sumber berdasarkan tinjauan pustaka maka kegiatan pengecekan atau pengawas terdiri dari: *Supervision by checker*; *Custom Clearance*; *Draft Survey*; *Checking Cost of Equipment*; dan *Checking Cost of Transporter*.

C. Reference Model

Pada tahap ini peneliti mencari beberapa referensi model dinamis terkait menghitung *appraisal cost* pada *cost of quality* sehingga dapat menentukan besaran *appraisal cost* yang harus dikeluarkan perusahaan. Sebagai referensi model peneliti mengambil contoh penelitian yang dilakukan oleh Kiani (2009) dengan judul *System dynamics approach to analysing the cost factors effects on cost of quality*, *International Journal of Quality & Reliability Management* . Vol. 26 No. 7, 2009, pp. 685-698.

D. Perancangan Causal Loop Diagram

Berdasarkan beberapa referensi model dinamis yang didapatkan untuk *cost of quality* khususnya *appraisal cost* maka peneliti mengembangkan *causal loop diagram* sesuai keadaan di lapangan Pelabuhan CDG.



Gambar 4. Stock Flow Diagram Appraisal Cost di Pelabuhan CDG

Simulasi Model

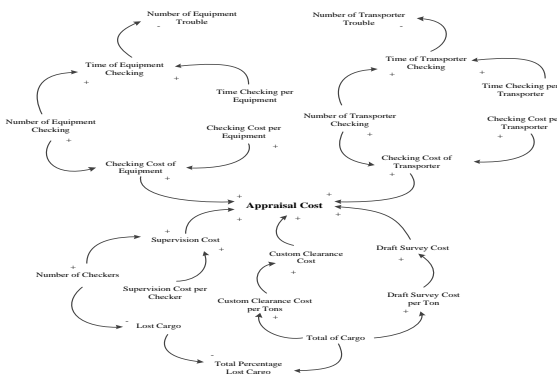
Pada tahap simulais model ini terdiri dari:

A. Perumusan Data Constant Variabel

Data *Constant Variabel* merupakan variabel pada *stock flow diagram* yang memiliki nilai tetap sehingga setiap input *constant* variabel akan mempengaruhi hasil dari *equation variabel*. Berikut ini merupakan data *constant variabel* pada penelitian ini.

Tabel 1: Data Constant Variabel

No	Variables	Value
1	Supervision Cost per Checker	Rp 70.000
2	Number of Checker Rate	101
3	Custom Clearance Cost per Tons	Rp 1.750/tons
4	Draft Survey Cost per Tons	Rp 150/tons
5	Total of Cargo	121246 tons
6	Checking Cost per Equipment	Rp 9.800.000
7	Number of Equipment Checking	10
8	Time Checking per Equipment	9.6 Hour
6	Checking Cost per Transporter	Rp 286.264
7	Number of Transporter Checking	165
8	Time Checking per Transporter	2 Hour
9	Total Handling Time	7 Month
10	Initial Appraisal Cost	Rp 0
11	Discharge Out	1 Month
12	Sales	Rp 444.976.000.000



Gambar 3. Causal Loop Diagram Appraisal Cost di Pelabuhan CDG

Perancangan Stock Flow Diagram

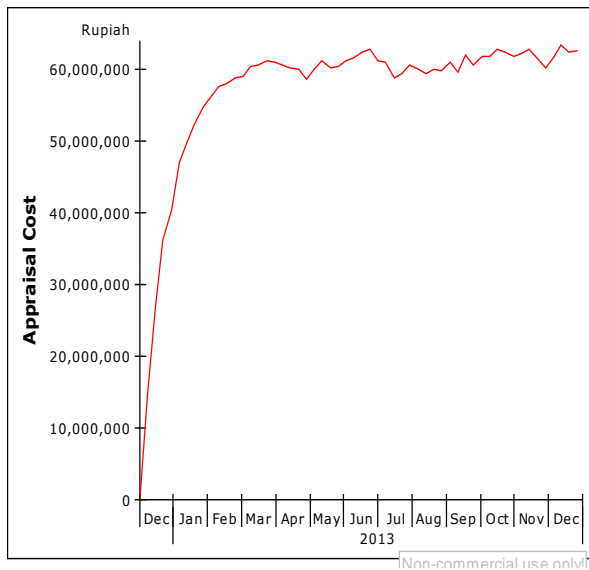
Dari hasil *causal loop diagram* yang telah dirancang selanjutnya peneliti mengembangkan *stock flow diagram appraisal cost* untuk Pelabuhan CDG.

B. Hasil Simulasi Sistem Base Case

Berikut ini merupakan hasil output simulasi *appraisal cost* yang didapatkan dari *software* Powersim.

Tabel 2. Hasil Simulasi *Appraisal Cost* Tahun 2013

Bulan	<i>Appraisal Cost</i> Simulasi (Rp)
Januari	39.150.739
Februari	53.762.841
Maret	55.477.208
April	57.778.052
Mei	59.871.538
Juni	61.235.810
Juli	60.786.700
Agustus	62.347.708
September	60.603.781
Oktober	58.907.629
November	59.728.319
Desember	59.875.376
Total	689.525.701



Gambar 5. Grafik Hasil Simulasi *Appraisal Cost*

Berdasarkan hasil simulasi didapatkan total hasil *appraisal cost* pada tahun 2013 sebesar Rp 689.525.701 dengan total *lost cargo* pada proses pembongkaran pupuk sebesar 283,36 tons dan persentase *appraisal cost* terhadap *sales* sebesar 0,014%.

C. Uji Validasi Model

Pada tahap ini dilakukan uji validasi terhadap hasil simulasi yang telah dilakukan untuk mengetahui apakah model berbeda signifikan atau tidak dengan keadaan aktual.

Tabel 3. Perbandingan *Appraisal Cost* Aktual dengan *Appraisal Cost* Simulasi

Bulan	<i>Appraisal Cost</i> (Aktual)/Rp	<i>Appraisal Cost</i> (Simulasi)/Rp
April	60.605.086	57.778.052
Mei	79.528.900	59.871.538
Juni	71.088.540	61.235.810
Juli	43.688.129	60.786.700
Agustus	50.886.273	62.347.708
Oktober	29.269.300	58.907.629
Desember	60.545.597	59.875.376
Total	395.611.825	420.802.813

Selanjutnya hasil simulasi dan keadaan aktual akan diuji statistik menggunakan *Two Sample T-Test* dengan hipotesis :

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$, artinya tidak ada perbedaan signifikan

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$, artinya terdapat perbedaan yang signifikan

Berdasarkan hasil pengujian *two sample t-test* didapatkan hasil P-value 0,595 dimana lebih besar dari α yaitu 0,05. Dengan T value sebesar -0,56 yang lebih kecil dari T tabel sebesar 2,447 dan 95% CI *for difference* melewati angka 0 maka hipotesis terima H_0 yang artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara keadaan aktual dengan hasil simulasi.

D. Perancangan Skenario Alternatif

Perancangan skenario alternatif dibuat sebagai perbaikan dari model existing yang sudah divalidasi sebelumnya. Pada tahap ini peneliti merancang sebuah stockflow diagram dengan 3 skenario perbaikan, sebagai berikut:

i). Skenario 1

Pada Skenario 1 peneliti berfokus pada pengurangan *lost cargo* akibat *number of checkers* dan *number of equipment trouble* yang disebabkan oleh jumlah pengecekan *equipment*. Perbaikan dilakukan dengan menaikkan rata-rata *number of checkers* pada saat pembongkaran pupuk dan *number of equipment checking* yang nantinya akan mempengaruhi *lost cargo* dan *number of equipment trouble*.

Untuk menghilangkan *lost cargo* dan *equipment trouble* akibat *number of checkers* dan *number of*

equipment checking maka besaran *appraisal cost* yang dikeluarkan adalah 0,022% dari total *sales* dimana jumlah *checkers* sebanyak 245 pada saat pembongkaran pupuk dan jumlah *equipment checking* yang harus dilakukan sebanyak 20 *checking*. Bila hanya berfokus pada *lost cargo* maka jumlah *lost cargo* yang tersisa adalah 0,19 tons. Berikut hasil simulasi *appraisal cost* tiap bulannya.

ii). Skenario 2

Pada Skenario 2 peneliti berfokus pada pengurangan *lost cargo* akibat *number of checkers* dan *number of transporter trouble* yang disebabkan oleh jumlah pengecekan *transporter*. Perbaikan dilakukan dengan menaikan rata-rata *number of checkers* pada saat pembongkaran pupuk dan *number of transporter checking* yang nantinya akan mempengaruhi *lost cargo* dan *number of transporter trouble*. Berikut perubahan data *constant variabel* dan *equation variabel* untuk skenario 2.

Untuk menghilangkan *lost cargo* dan *transporter trouble* akibat *number of checkers* dan *number of transporter checking* maka besaran *appraisal cost* yang dikeluarkan adalah 0,0189% dari total *sales* dimana jumlah *checkers* sebanyak 245 pada saat pembongkaran pupuk dan jumlah *transporter checking* yang harus dilakukan sebanyak 329 *checking*. Bila hanya berfokus pada *lost cargo* maka jumlah *lost cargo* yang tersisa adalah 0,19 tons. Berikut hasil simulasi *appraisal cost* tiap bulannya.

iii). Skenario 3

Pada Skenario 3 peneliti berfokus pada pengurangan *lost cargo* akibat *number of checkers*, *number of equipment trouble* akibat jumlah pengecekan *equipment* dan *number of transporter trouble* yang disebabkan oleh jumlah pengecekan *transporter*. Perbaikan dilakukan dengan menaikan rata-rata *number of checkers* pada saat pembongkaran pupuk dan *number of equipment checking* serta *number of transporter checking* yang nantinya akan mempengaruhi *lost cargo*, *number of equipment trouble* dan *number of transporter trouble*. Berikut perubahan data *constant variabel* dan *equation variabel* untuk skenario 3.

Untuk menghilangkan *lost cargo*, *equipment trouble* dan *transporter trouble* akibat *number of checkers*, *number of equipment checking* dan *number of transporter checking* maka besaran *appraisal cost* yang dikeluarkan adalah 0,023% dari total *sales* dimana

jumlah *checkers* sebanyak 245 pada saat pembongkaran pupuk dan jumlah *equipment checking* yang harus dilakukan sebanyak 19 *checking* serta jumlah *transporter checking* yang harus dilakukan sebanyak 329 *checking*. Bila hanya berfokus pada *lost cargo* maka jumlah *lost cargo* yang tersisa adalah 0,19 tons.

E. Pemilihan Skenario Alternatif Terpilih

Setelah membuat beberapa skenario, tahap selanjutnya melakukan perbandingan hasil dari setiap skenario dan memilih salah satu skenario terpilih berdasarkan skenario yang telah dibuat. Sebelum menentukan skenario alternatif dilakukan uji ANOVA untuk melihat apakah terdapat perbedaan antara hasil simulasi skenario 1, skenario 2 dan skenario 3.

Berdasarkan hasil uji ANOVA pada Tabel 4.28 maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan antara hasil simulasi eksisting, skenario 1, skenario 2 dan skenario 3 karena memiliki nilai signifikansi 0,000 lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ dan memiliki nilai F hitung 185,843 lebih besar dari F tabel yaitu 0,051373104. Berdasarkan nilai *appraisal cost* yang paling minimal, maka dipilih adalah scenario ke-2 dengan *appraisal cost* sebesar Rp.77.339.923,-

4. KESIMPULAN

Sistem dinamis dapat digunakan untuk perancangan model *cost of quality* di pelabuhan. *Appraisal cost* sebagai bagian dari *cost of quality* memegang peranan penting dalam mengendalikan *failure cost*. Faktor-faktor yang mempengaruhi *appraisal cost* di Pelabuhan CDG antara lain: *Supervision cost*; *Custom clearance cost*; *Draft survey cost*; *Checking cost of equipment*; dan *Checking cost of transporter*. Skenario perbaikan yang dipilih untuk mengurangi *lost cargo* di pelabuhan ini berdasarkan *appraisal cost* yang minimal yaitu Rp 77.339.923,-. Skenario perbaikan-perbaikan yang dilakukan adalah dengan menambah jumlah *number of checkers* hingga rata-rata 245 orang dan menambah jumlah *number of transporter checking* hingga rata-rata 329 *checking* per tahun untuk mengurangi jumlah *trouble* dalam *transporter*.

REFERENCES

- Adriani, Y. (2014). Optimalisasi Penanganan Bongkar Muat Produk *Slab Steel* Dengan Pendekatan

- Simulasi di PT. XYZ. Tugas Akhir, Cilegon: Teknik Industri UNTIRTA.
- XYZ Menggunakan Pendekatan Simulasi. Tugas Akhir, Cilegon: Teknik Industri UNTIRTA.
- Daellenbach, H. G. (1994). *System and Decision Making A Management Science Approach*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Law, A.M and W.D. Kelton. (1991). *Simulation Modeling and Analysis 2nd ed*. New York: McGrawHill.
- Daellenbach, H. G. dan McNickle D. C. (2005). *Management Science Decision Making through Systems Thinking*. Hampshire: Palgrave Macmillan.
- Nasution M.N. (2004). *Manajemen Mutu Terpadu (Total Quality Management)*. Bogor: PT. Ghalia Indonesia
- Forrester, J.W. (1999). *System Dynamics: The foundation Under System Thinking*. Cambridge: Sloan School of Management MIT.
- Rimadhani, M.S. (2013). *Pengaruh Biaya Kualitas Terhadap Tingkat Profitabilitas (Studi Kasus Hotel Group Dedy Jaya di Kabupaten Brebes Jawa Tengah)*. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Dian Nuswantoro.
- Febriarti, T. (2014). *Aplikasi Lean Manufacturing pada Proses Bongkar Muat dan Pengiriman Cargo Coal dengan Pendekatan Simulasi (Studi Kasus di PELABUHAN CDG)*. Tugas Akhir, Cilegon: Teknik Industri UNTIRTA
- Sterman, J.D (2000), *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*. New York: McGraw Hill
- Haines, S. G. (2000). *The Systems Thinking Approach To Strategic Planning and Management*. Boca Raton: CRC Press LLC.
- Walpole, R.E, (1990). *Pengantar Statistika, Edisi ke-3, Terjemahan Gramedia Pustaka Utama, Jakarta*
- Hansen, R. D., and Mowen M. M. (2005). *Management Accounting Second Edition*. Ohio: South-Western Publishing Co.
- Wildanurrizal. (2013). *Perancangan Model Simulasi Pengelolaan Sampah Dengan Pendekatan Sistem Dinamis Tugas Akhir, Cilegon: Teknik Industri UNTIRTA.*
- Harrell, C., Ghosh, Biman K., Bowden, R.(2000). *Simulation Using ProModel*. New York: McGraw Hill.
- Horngren, C. T. (2005). *Introduction to Management Accounting 14th edition*. Amerika Serikat: Pearson Education, Inc.
- Juran, J. M. dan Godfrey, A. B. (1998). *Juran's Quality Handbook 5th ed*. Amerika Serikat: McGrawHill.
- Kiani, B. (2009). *System dynamics approach to analysing the cost factors effects on cost of quality*. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 26 No.7, 685-698.
- Indrahanif, M. (2013). *Optimisasi Jumlah dan Kapasitas Truk Pada Proses Bongkar Muat Pupuk di PT.*