

## Pengembangan Model Sistem Dinamik Untuk Meningkatkan Kinerja Distribusi Pupuk Urea (Studi Kasus: PT Petrokimia Gresik)

Syauqi Saswatata Nawal Abadi <sup>1)\*</sup>, Erma Suryani <sup>2)</sup>, Rully Agus Hendrawan <sup>3)</sup>

Institut Teknologi Sepuluh Nopember <sup>1),2),3)</sup>

[okisyauqi94@gmail.com](mailto:okisyauqi94@gmail.com) <sup>1)\*</sup>, [erma.suryani@gmail.com](mailto:erma.suryani@gmail.com) <sup>2)</sup>, [ruhendrawan@gmail.com](mailto:ruhendrawan@gmail.com) <sup>3)</sup>

### Abstrak

Sektor agraris atau pertanian merupakan salah satu sektor yang dijadikan andalan untuk menggerakkan perekonomian Indonesia. Untuk menciptakan hasil pertanian yang berkualitas, pupuk menjadi salah satu komponen penting yang dapat meningkatkan kuantitas serta kualitas panen. Agar pupuk tersebut dapat tersalurkan dengan baik hingga sampai ketangan para petani, diperlukan adanya sistem distribusi pupuk yang optimal. Namun, terdapat beberapa permasalahan yang menghambat proses distribusi pupuk tersebut salah satunya adalah pengeluaran biaya distribusi yang cukup tinggi. Mengacu kepada permasalahan tersebut, maka diusulkan penelitian berbentuk tugas akhir ini yang memiliki tujuan untuk meningkatkan kinerja distribusi pupuk urea pada Kabupaten Mojokerto. Peningkatan kinerja distribusi ini dikhususkan untuk dapat mengurangi biaya distribusi. Penelitian ini menggunakan metode sistem dinamik, yang dipilih karena mampu mendefinisikan sistem distribusi pupuk yang ada dengan baik, serta mampu melakukan simulasi terhadap variabel-variabel yang berkaitan dengan sistem tanpa mengubah jalannya sistem. Setelah model sistem dinamik terbentuk, akan dilakukan tahap penyusunan skenario dengan melakukan pengujian terhadap beberapa input yang berbeda untuk mengetahui dampak pada outputnya. Skenario yang dihasilkan pada penelitian ini adalah skenario untuk menyesuaikan jumlah buruh angkut yang dibutuhkan dengan jumlah pupuk yang diproduksi serta skenario untuk meminimalkan jumlah pupuk yang rusak. Dengan dilakukannya kedua skenario tersebut, biaya distribusi pupuk urea ke Kabupaten Mojokerto oleh PT Petrokimia Gresik dapat berkurang sebesar Rp143.110.984,00. Dilakukannya penelitian ini sekaligus dapat dijadikan acuan bagi PT Petrokimia Gresik untuk menurunkan biaya distribusi pupuk agar dapat berjalan dengan lebih optimal.

**Kata kunci:** Distribusi, Pupuk, Kinerja, Biaya, Sistem Dinamik.

### Abstract

*[The Development of Dynamic System Model to Improve Distribution Performance of Urea Fertilizer (Case Study: PT Petrokimia Gresik)]* Agricultural sector is one of the sector which is used to encourage the economy of Indonesia. To create quality agricultural products, fertilizer is one of many important components that can be used to increase quality and quantity of the crop yields. So, an optimal fertilizer distribution system is needed. However, there are some problems that could hinder the process of fertilizer distribution, one of the problems are the high cost of distribution. Referring to the problem, this research was conducted to reducing the distribution costs, which occurred in the distribution process. This research uses a dynamic system modelling method, which was chosen because its ability to well-defined the existing fertilizer distribution system. Other than that, the dynamic system modelling method could simulate variables related to the system without actually changing the whole system. After the dynamic model is formed, it will be carried to the scenario preparation stage by testing several different inputs to determine the impact on the output. There are two scenarios produced in this study, first one is a scenario to match the number of carrier labors with the amount of fertilizer produced. The second scenario is a scenario to minimize the amount of damaged fertilizers. By doing these two scenarios, the distribution cost of urea fertilizer to Mojokerto Regency by PT Petrokimia Gresik could be reduced by Rp143.110.984,00. This research can be used as a reference for PT Petrokimia Gresik to reduce the cost of fertilizer distribution, so the distribution process of fertilizer could run more optimally.

**Keywords:** Distribution, Fertilizer, Performance, Cost, Dynamic System.

## 1. PENDAHULUAN

Sektor agraris merupakan salah satu sektor yang dapat menggerakkan perekonomian Indonesia. Besarnya kontribusi pada sektor agraris ini tidak terlepas dari peran para industri pupuk [1]. Pupuk tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas maupun kuantitas dari hasil tani. Untuk membantu para petani agar dapat memperoleh pupuk dengan biaya yang lebih terjangkau, pemerintah menempuh kebijakan bantuan pupuk bersubsidi [2]. Pupuk bersubsidi adalah pupuk yang pengadaan dan penyalurannya mendapat subsidi atau keringanan dari pemerintah. Kebijakan Pupuk bersubsidi tersebut dilaksanakan dasar program pemerintah (SK Menperindag 306/MPP/Kep/4/2003), untuk memenuhi kebutuhan petani yang membutuhkan. Untuk mendapatkan Pupuk yang mendapat subsidi dari pemerintah tidak diberikan secara gratis tapi dapat dibeli dengan harga yang terjangkau. Pupuk yang disubsidikan oleh pemerintah adalah jenis pupuk Urea, SP-36, ZA, NPK Phonska dan pupuk organik [2].

Sebagai salah satu produsen pupuk terbesar di Indonesia, PT Petrokimia Gresik memiliki kapasitas produksi dengan *rate* yang cenderung stabil dan tidak berubah. Hal tersebut berakibat pada stok pupuk yang menumpuk ketika musim tanam belum terjadi. Apalagi, kapasitas gudang yang ada cukup terbatas dan dibutuhkan biaya yang cukup besar ketika akan menyewa atau melakukan investasi untuk pembangunan gudang baru. Ketidakstabilan produksi tersebut dapat berakibat kepada para petani, dikarenakan naiknya harga pupuk dan turunnya produktivitas lahan karena jadwal pemupukan yang terlambat, sehingga akan menurunkan tingkat pendapatan dari para petani tersebut [3]. Tak jarang, hal tersebut mengakibatkan biaya distribusi pupuk yang kurang efisien karena pengiriman yang dilakukan tidak terdistribusi secara merata.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka tujuan dilakukannya penelitiannya antara lain adalah; Mengidentifikasi sistem distribusi pupuk urea yang terjadi pada PT Petrokimia Gresik, melakukan pemodelan distribusi pupuk urea PT Petrokimia Gresik di Kabupaten Mojokerto menggunakan model sistem dinamik, dan mengembangkan skenario model sistem dinamik untuk meminimalkan biaya distribusi tersebut.

Untuk mendukung penelitian ini, dilakukan pengumpulan data primer, salah satunya melalui wawancara dengan perwakilan dari PT Petrokimia Gresik. Selain menggunakan data primer, penelitian ini menggunakan data sekunder berupa penelitian-penelitian yang telah dilakukan terdahulu, yang berkaitan dengan distribusi pupuk, biaya distribusi, dan pupuk urea.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN METODE

### 2.1. Tinjauan Pustaka

#### 2.1.1. Sistem Distribusi

Distribusi berkaitan dengan alokasi barang yang dikirimkan oleh pengirim kepada sang penerima. Namun, secara umum distribusi adalah sebuah kegiatan yang didalamnya terdapat aktivitas perpindah material dan/atau kekuatan ekonomi, dimana perpindahan tersebut dapat berupa barang yang berwujud (*tangible*) maupun yang tidak berwujud (*intangible*) dari suatu subjek ekonomi ke subjek ekonomi lainnya. Dalam penelitiannya, Domschke dan Schield pada tahun 1994 menyatakan bahwa distribusi mencakup sistem dari semua aktivitas yang terkait dengan perpindahan barang yang bernilai ekonomi antara produsen dan konsumen. Dalam ranah barang-barang manufaktur, perpindahan tersebut memerlukan persiapan yang terkoordinasi sesuai dengan jenis dan volume serta ruang dan waktu yang dimiliki oleh barang tersebut sehingga tenggat waktu pasokan dapat dipenuhi (*order fulfillment*) atau perkiraan permintaan dapat dipenuhi secara efisien [4].

#### 2.1.2. Pupuk Urea

Pupuk Urea adalah salah satu jenis pupuk tunggal yang memiliki kandungan zat N (Nitrogen) yang tinggi. Dalam satu kemasan pupuk urea, zat Nitrogen yang terkandung mencapai 45-46%. Jika pupuk urea ini diaplikasikan ke permukaan tanah saja dan tidak dimasukkan ke dalam tanah, maka kandungan Nitrogen yang terdapat pada pupuk urea tersebut dapat mengalami kehilangan kandungan yang cukup tinggi. Kehilangan zat urea atau Nitrogen tersebut ke udara dapat mencapai 40% dari seluruh urea atau Nitrogen yang telah diaplikasikan [5]. Sebagai salah satu perusahaan pupuk terbesar yang terletak di Provinsi Jawa Timur, PT Petrokimia Gresik menyediakan pupuk urea sebagai salah satu produk unggulannya. Pupuk Urea yang diproduksi oleh PT Petrokimia Gresik di distribusikan ke 22 kota/kabupaten yang terdapat di seluruh Jawa Timur. Pupuk tersebut dikemas dalam kantong dengan isi 50 Kg dan memiliki warna putih untuk pupuk urea non subsidi dan berwarna merah muda untuk pupuk urea yang bersubsidi.

#### 2.1.3. Simulasi Sistem

Simulasi merupakan sebuah teknik penyusunan model dari suatu keadaan nyata (*sistem*). Kemudian, dari model tersebut dilakukan percobaan. Simulasi merupakan salah satu metode kuantitatif yang fleksibel. Umumnya, penggunaan simulasi tepat digunakan untuk menganalisa interaksi masalah yang rumit dari sistem sedangkan penggunaan teknik analisa yang ada sangat terbatas. Simulasi dapat pula berguna untuk mengetahui pengaruh atau akibat dari suatu keputusan dalam periode waktu tertentu. Dalam kata lain, simulasi sistem adalah teknik menyusun model untuk sebuah keadaan yang ada [6].

Dirancangnya sebuah model tentu memiliki tujuan yang ingin dicapai. Sebuah model dirancang agar perilaku yang terjadi pada suatu sistem yang dimodelkan tersebut dapat diketahui, sehingga dapat memperoleh pengetahuan dan dapat melihat lebih ke

dalam isi perilaku sistem tersebut. Dengan melakukan pemodelan beserta simulasi, keadaan dari suatu sistem dapat diuji dan diketahui pengaruh beserta akibatnya, tanpa merubah ataupun mempengaruhi kinerja sistem tersebut [7]. Dalam mengembangkan model sistem dinamik, ada beberapa tahapan yang harus dilakukan. Menurut Sterman, tahapan-tahapan untuk mengembangkan model diantaranya adalah; *Problem articulation, Dynamic hypothesis, Formulation, Testing, dan Policy formulation and evaluation* [8].

#### 2.1.4. Causal Loop Diagram

Diagram Kausal atau lazim disebut *Causal Loop Diagram*, adalah diagram yang menjelaskan hubungan antara elemen pada suatu sistem. Diagram Kausal menggunakan umpan balik untuk menjelaskan proses yang ada. *Causal Loop Diagram* atau yang biasa disingkat CLD melakukan pemetaan struktur dan umpan balik pada sebuah sistem, sehingga mekanisme umpan balik antar elemen pada suatu sistem dapat dipahami. Selain itu, CLD digunakan untuk memahami perilaku dalam suatu sistem, sehingga dapat dilakukan formulasi strategi yang tepat untuk menangani perilaku tersebut [9].

#### 2.1.5. Stock and Flow Diagram

*Stock and Flow Diagram* atau biasa disingkat sebagai SFD adalah diagram yang merepresentasikan kinerja sebuah model dengan lebih detail dan tepat daripada *Causal Loop Diagram*. Dalam kata lain, *Stock and Flow Diagram* ini adalah bentuk pengembangan dari CLD yang sudah ada, sedangkan CLD itu sendiri merupakan dasar dari SFD yang nantinya akan dibuat. *Stock and Flow Diagram* memiliki beberapa komponen, diantaranya ada *stock (level), flow (rate), auxiliary, dan system boundary (source/sink)*. Masing-masing komponen tersebut memiliki peran dan kontribusinya masing-masing dalam menciptakan sebuah model yang representatif dan dapat dihitung [10].

Penggunaan *Stock and Flow Diagram* ini memiliki beberapa keuntungan. Sebuah SFD memiliki banyak informasi mengenai model yang dibuat. Secara grafis, SFD menampilkan hubungan antara *stock (level)* dengan *flow (rate)*, dimana informasi yang diperoleh mengenai model tersebut lebih detail apabila dibandingkan dengan CLD [11].

## 2.2. Metode

### 2.2.1. Identifikasi Kondisi dan Permasalahan

Tahapan ini merupakan tahapan pertama yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir. Kondisi dan permasalahan yang saat ini terjadi dijabarkan, agar pengerjaan tugas akhir dapat berlangsung dengan maksimal. Salah satu permasalahan terkait distribusi pupuk yang saat ini terjadi di PT Petrokimia Gresik adalah kurangnya efektivitas pada proses distribusinya, terutama pada besarnya biaya distribusi yang dikeluarkan.

### 2.2.2. Studi Literatur

Studi literatur adalah kegiatan mengumpulkan pengetahuan dari berbagai referensi seperti buku, jurnal, dan data-data dari website yang terpercaya. Studi literatur ini dilakukan untuk menunjang pengerjaan penelitian, sehingga penelitian yang dilakukan telah memiliki dasar dari pengetahuan atau ide yang sudah ada. Studi literatur yang dilakukan menggunakan topik yang dipilih, yaitu simulasi sistem dinamik dan distribusi untuk distribusi pupuk, serta dampaknya terhadap produktivitas hasil pertanian.

### 2.2.3. Pengumpulan Data dan Informasi

Pada tahapan ini, akan dilakukan pengumpulan data dan informasi yang diperlukan untuk keperluan penelitian. Data dan informasi yang dikumpulkan berasal dari Bagian Distribusi PT Petrokimia Gresik.

### 2.2.4. Formulasi Model

Tahapan formulasi model adalah tahapan yang dilakukan untuk mengawali pengembangan model. Pada tahap ini, akan dilakukan penggambaran kondisi yang saat ini terjadi pada sistem distribusi pupuk urea di Kabupaten Mojokerto. Penggambaran tersebut dilakukan dengan menggunakan diagram kausatik atau *causal loop diagram*.

### 2.2.5. Pengembangan Model

Setelah formulasi model telah selesai dilakukan, selanjutnya akan dilakukan pengembangan model. *Tools* yang akan digunakan untuk melakukan pembuatan model ini adalah Vensim PLE. Model yang akan dikembangkan untuk penelitian ini dibagi menjadi beberapa bagian, diantaranya adalah; Sub-model produksi, Sub-model biaya distribusi pada Gudang Gresik, Sub-model biaya distribusi pada Gudang penyangga, Sub-model biaya distribusi pada distributor, dan Sub-model total biaya distribusi.

### 2.2.6. Simulasi Model

Setelah model dan sub-model selesai dikembangkan, tahapan selanjutnya adalah melakukan simulasi model. Model dan sub-model yang sudah dikembangkan akan dilakukan simulasi. Simulasi ini dilakukan agar jalannya proses model yang ada dapat diketahui dan analisis, apakah model tersebut telah berjalan sesuai dengan kondisi yang ada saat ini.

### 2.2.7. Verifikasi dan Validasi

Pada tahapan ini, base model yang telah disimulasi akan dilakukan validasi dan verifikasi. Langkah ini dilakukan untuk melihat apakah model maupun sub-model yang dikembangkan berjalan dengan benar dan apakah hasil yang dikeluarkan benar-benar telah merepresentasikan sistem yang berjalan. Terdapat langkah-langkah yang harus dilalui untuk melakukan verifikasi dan validasi pada model dinamik. Pada penelitiannya yang berjudul *Multiple tests for validation of system dynamics type of simulation*

models, Yaman Barlas memaparkan beberapa jenis pengujian yang harus dilalui agar sebuah model dapat dinyatakan valid [12].

A. Comparing the Means

$$E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}} \quad (1)$$

Persamaan (1) menunjukkan pengujian dengan menggunakan metode komparasi nilai rata-rata. Pengujian ini melakukan perbandingan pada nilai rata-rata hasil simulasi dengan nilai rata-rata pada data historis yang telah ada. Model dapat dinyatakan valid apalagi pada pengujian ini nilai  $E1 < 5\%$  [12].

B. Comparing the Amplitude Variance

$$E2 = \frac{[Ss - Sa]}{Sa} \quad (2)$$

Persamaan (2) menunjukkan pengujian dengan menggunakan metode komparasi nilai standar deviasi. Pengujian ini melakukan perbandingan pada standar deviasi yang dihasilkan oleh simulasi dengan standar deviasi yang dimiliki oleh data historis yang telah ada. Model dapat dinyatakan valid apalagi pada pengujian ini nilai  $E2 < 30\%$  [12].

2.2.8. Penyusunan dan Simulasi Skenario

Base model yang telah tervalidasi dan terverifikasi selanjutnya akan dikembangkan untuk menjadi skenario model. Skenario model ini dilakukan untuk melakukan perbaikan pada sistem eksisting, sehingga biaya distribusi yang dikeluarkan dapat diminimalkan. Ada tiga skenario yang dikembangkan pada penelitian ini; Skenario menyesuaikan jumlah buruh angkut dengan jumlah pupuk yang diproduksi, skenario meminimalkan jumlah pupuk yang rusak, serta skenario gabungan dari kedua skenario tersebut.

2.2.9. Analisis Hasil Skenario

Skenario yang telah dikembangkan selanjutnya akan dianalisis hasil simulasi dari skenario tersebut. Analisis ini dilakukan untuk menentukan variable mana yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja distribusi pupuk urea yang terdapat di Kabupaten Mojokerto.

2.2.10. Penyusunan Laporan Hasil Penelitian

Tahapan ini adalah tahapan terakhir yang memiliki luaran berupa laporan hasil penelitian yang berbentuk sebagai tugas akhir. Penyusunan laporan ini dilakukan sebagai bentuk dari dokumentasi bahwa penelitian ini telah terlaksana dengan baik.

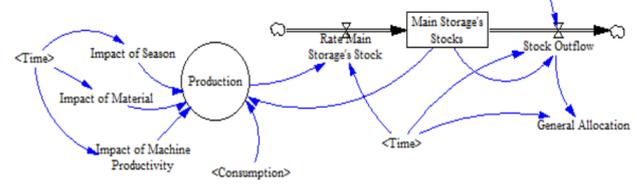
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, dilakukan pemodelan terhadap sistem distribusi pupuk urea subsidi pada Kabupaten Mojokerto, yang prakteknya dilakukan oleh PT Petrokimia Gresik. Pemodelan pada penelitian ini menggunakan *time step* berjumlah 27, dengan satuan per minggu. Untuk mempermudah dalam pengamatan dan analisis, model *stock and flow diagram* yang

dikembangkan pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa sub-model. Pembentukan sub-model tersebut berdasarkan variabel-variabel yang signifikan terhadap tujuan dilakukannya penelitian ini.

4.1. Perancangan Sub-Model

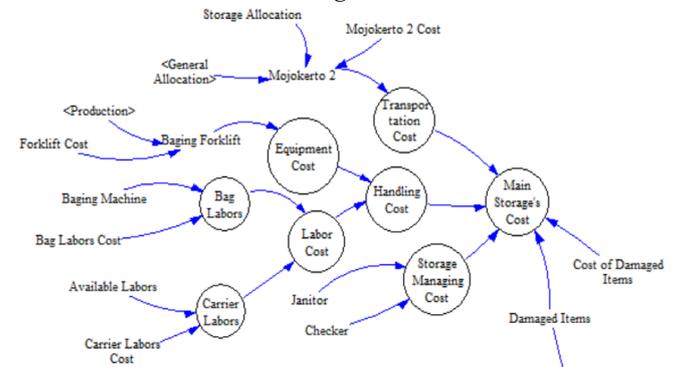
4.1.1. Sub-model Production



Gambar 1. Sub-model Production

Sub model ini merupakan gambaran dari produksi serta penyimpanan pupuk urea yang dilakukan pada Gudang Gresik. Terdapat empat variabel yang mempengaruhi *production*; *Impact of Season*, *Impact of Material*, *Impact of Machine Productivity*, dan *consumption*. Keempat variabel tersebut merupakan faktor-faktor yang memiliki pengaruh terbesar dalam aktivitas produksi pupuk pada PT Petrokimia Gresik. Variabel-variabel tersebut terhubung pada *shadow variable* berupa *time*, yang berfungsi untuk membagi keseluruhan waktu simulasi menjadi tiga bagian. Pembagian waktu menjadi tiga bagian ini dilakukan untuk memudahkan ketika akan melakukan proses validasi, dikarenakan kondisi produksi pupuk yang memiliki pola yang acak.

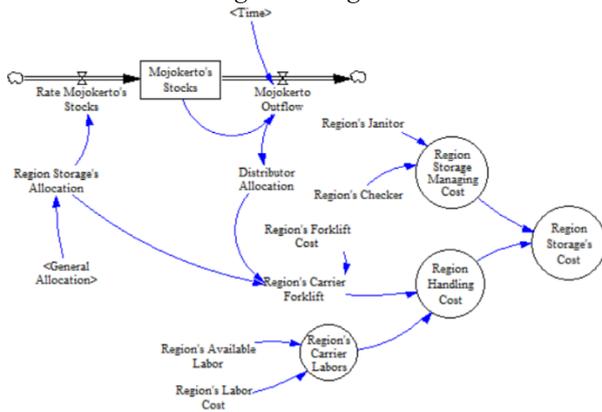
4.1.2. Sub-model Main Storage's Costs



Gambar 2. Sub-model Main Storage's Costs

Sub-model *main storage's costs* merupakan sub model yang menunjukkan seberapa besar biaya distribusi yang dikeluarkan pada saat pupuk berada dalam ruang lingkup gudang gresik. Melalui studi literatur, menurut Tavasszy (1999) terdapat beberapa komponen pada distribusi fisik. Komponen tersebut diantaranya adalah *inventory cost*, *transport cost*, dan *handling cost* [13]. Berdasarkan studi literatur tersebut serta hasil wawancara yang dilakukan kepada perwakilan dari pihak PT Petrokimia Gresik, diketahui ada tiga komponen utama biaya distribusi yang terdapat pada lingkup Gudang Gresik; biaya transportasi yang diwakili oleh variabel *transportation cost*, biaya penanganan barang yang diwakili oleh variabel *handling cost*, serta biaya untuk mengelola pergudangan yang diwakili oleh variabel *storage managing cost*.

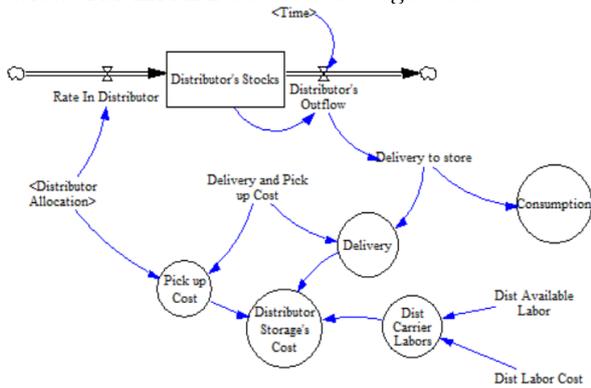
4.1.3. Sub-model *Region Storage's Costs*



Gambar 3. Sub-model *Region Storage's Costs*

Sub-model *region storage's costs* merupakan sub model yang menunjukkan seberapa besar biaya distribusi yang dikeluarkan pada saat pupuk berada dalam ruang lingkup gudang penyangga. Pada penelitian ini, hanya ada satu gudang penyangga yang digunakan sebagai objek penelitian. Gudang penyangga tersebut terletak di Desa Jatipasar, Kecamatan Trowulan, Kabupaten Mojokerto. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan kepada perwakilan dari pihak PT Petrokimia Gresik, diketahui ada dua komponen utama biaya distribusi yang terdapat pada lingkup Gudang Gresik; biaya penanganan barang yang diwakili oleh variabel *region handling cost*, serta biaya untuk mengelola pergudangan yang diwakili oleh variabel *region storage managing cost*.

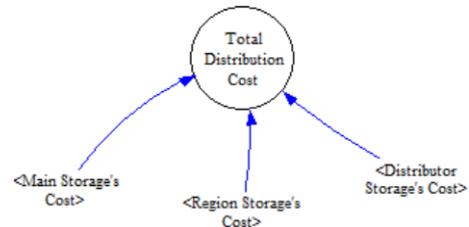
4.1.4. Sub-model *Distributor Storage's Costs*



Gambar 4. Sub-model *Distributor Storage's Costs*

Sub-model *distributor storage's costs* merupakan sub model yang menunjukkan seberapa besar biaya distribusi yang dikeluarkan pada saat pupuk berada dalam ruang lingkup distributor. Pada model *stock and flow diagram* yang terdapat pada penelitian ini, distributor yang dinyatakan pada sub model ini merupakan gabungan dari enam distributor yang melakukan pengambilan pada gudang penyangga yang terletak di Desa Jatipasar, Kecamatan Trowulan, Kabupaten Mojokerto.

4.1.5. Sub-model *Total Distribution Costs*



Gambar 5. Sub-model *Total Distribution Costs*

Sub model *total distribution cost* merupakan biaya distribusi total yang dikeluarkan oleh PT Petrokimia Gresik untuk mendistribusikan pupuk urea subsidi hingga ke kios-kios yang terdapat pada Kabupaten Mojokerto. Sub model ini merupakan penjumlahan dari tiga biaya distribusi yang terdapat pada lini distribusi pupuk, yakni *main storage's cost* atau biaya distribusi dilingkup Gudang Gresik, *region storage's cost* atau biaya distribusi dilingkup gudang penyangga, serta *distributor storage's cost* atau biaya distribusi dilingkup distributor.

4.2. Validasi

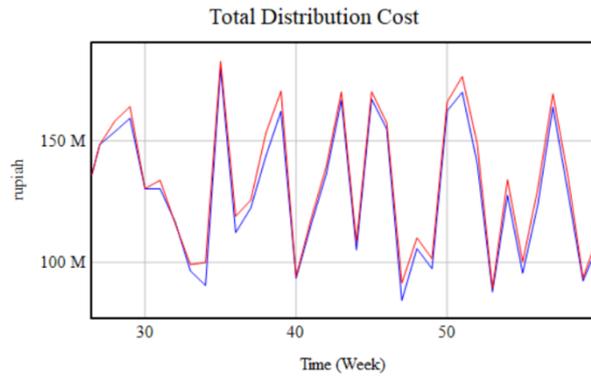
Pengujian validasi ini dilakukan untuk mengetahui apakah model yang dirancang telah merepresentasikan sistem yang telah ada saat ini (eksisting). Terdapat empat variabel yang dilakukan validasi pada model ini; *production*, *main storage's stocks*, *general allocation*, dan *distributor allocation*.

Variabel *production* menghasilkan nilai E1 = 4,25% dan nilai E2 = 9,87%. Variabel *main storage's stocks* menghasilkan nilai E1 = 3,83% dan nilai E2 = 1,44%. Variabel *general allocation* menghasilkan nilai E1 = 2,43% dan nilai E2 = 13,63% Variabel *distributor allocation* menghasilkan nilai E1 = 2,29% dan nilai E2 = 8,5%. Karena pada kedua pengujian tersebut keempat variabel menghasilkan nilai yang berada pada batas yang masih diterima, maka model *stock and flow* ini dapat dikatakan telah berhasil melalui uji validitas.

4.3. Hasil Skenario

Skenario model dilakukan untuk memberikan perbaikan pada model eksisting yang telah dikembangkan. Pada penelitian ini, skenario yang dilakukan bertujuan untuk meminimalkan biaya distribusi. Periode dilakukannya skenario model adalah selama minggu ke-28 hingga minggu ke-60. Berikut adalah hasil dari skenario yang dilakukan:

4.3.1. Skenario Menyesuaikan Jumlah Buruh Angkut



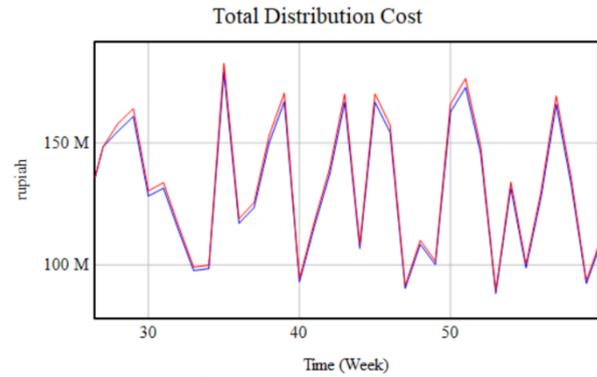
**Gambar 6.** Grafik Perbandingan Antara *Base Model* dengan Skenario

Buruh angkut pada PT Petrokimia Gresik memiliki jam kerja sebanyak satu *shift* per harinya atau sekitar total 8 jam kerja dengan 1 jam istirahat dan pergantian *shift*. Besaran upah yang disetujui antara pihak *tender* (pihak yang mempekerjakan buruh) dengan PT Petrokimia Gresik, upah buruh angkut per harinya bernilai rata-rata Rp400.000,00. Upah tersebut adalah nilai pembayaran yang dibayarkan oleh PT Petrokimia Gresik kepada *tender*, sehingga upah bersih yang diterima oleh buruh angkut tentunya lebih kecil daripada nilai upah yang telah disetujui tersebut.

Skenario ini dilakukan dengan memberlakukan nilai produktivitas yang diharapkan untuk setiap buruh angkut. Nilai produktivitas yang disetujui oleh pihak PT Petrokimia Gresik dan pihak *tender* adalah sebesar 70 ton per orang untuk satu harinya. Nilai produktivitas sebesar 70 ton per orang tersebut diperoleh berdasarkan pengambilan data melalui wawancara bersama dengan perwakilan dari pihak PT Petrokimia Gresik. Namun, hingga saat ini nilai produktivitas tersebut masih belum diimplementasikan dengan benar sehingga terkadang jumlah buruh angkut yang dipekerjakan oleh *tender* melebihi dari jumlah yang sebenarnya dibutuhkan.

Nilai produktivitas sebesar 70 ton tersebut digunakan sebagai nilai pembagi dari jumlah pupuk urea yang diproduksi, sehingga jumlah buruh angkut yang dipekerjakan setiap harinya tidak melebihi dari jumlah pupuk yang diproduksi setiap harinya. Pada gambar 6, garis berwarna merah merupakan hasil running dari *base model*, sedangkan garis berwarna biru merupakan hasil running menggunakan skenario model. Dengan menjalankan model skenario tersebut, total biaya distribusi yang dikeluarkan dapat berkurang hingga sebesar Rp67.200.000,00 selama skenario tersebut dijalankan pada minggu ke-28 hingga minggu ke-60.

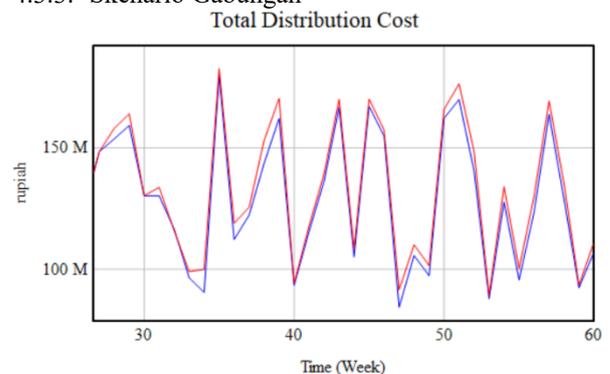
#### 4.3.2. Skenario Meminimalkan Jumlah Pupuk yang Rusak



**Gambar 7.** Grafik Perbandingan Antara *Base Model* dengan Skenario

Skenario meminimalkan jumlah pupuk yang rusak ini dilakukan khususnya terhadap pupuk urea yang mengalami kerusakan akibat *caking* atau penggumpalan. Dengan melakukan pelapisan (*coating*) urea menggunakan material LDPE (*low density polyethylene*) atau yang biasa disebut *LDPE-coated urea*, potensi terjadinya *caking* pada pupuk urea selama dilakukan penyimpanan dapat dikurangi secara signifikan [14]. Pada gambar 9, garis berwarna merah merupakan hasil running dari *base model*, sedangkan garis berwarna biru merupakan hasil running menggunakan skenario model. Dengan menjalankan model skenario tersebut, total biaya distribusi yang dikeluarkan dapat berkurang hingga sebesar Rp75.910.984,00 selama skenario tersebut dijalankan pada minggu ke-28 hingga minggu ke-60.

#### 4.3.3. Skenario Gabungan



**Gambar 8.** Grafik Perbandingan Antara *Base Model* dengan Skenario

Skenario ini merupakan gabungan dari dua skenario ya yang telah dijelaskan sebelumnya. Pada gambar 10, garis berwarna merah merupakan hasil running dari *base model*, sedangkan garis berwarna biru merupakan hasil running menggunakan skenario model. Dengan menjalankan model skenario gabungan ini, total biaya distribusi yang dikeluarkan dapat berkurang hingga sebesar Rp143.110.984,00 selama skenario tersebut dijalankan pada minggu ke-28 hingga minggu ke-60.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil:

1. Sistem distribusi pupuk urea subsidi pada PT Petrokimia Gresik melewati beberapa lini distribusi. Lini distribusi tersebut adalah Gudang Gresik sebagai tempat penyimpanan pupuk yang telah selesai diproduksi, kemudian disalurkan menuju ke Gudang Penyangga yang terdapat di setiap daerah, selanjutnya pupuk tersebut dialokasikan kepada distributor untuk kemudian disalurkan ke kios-kios resmi agar dapat diterima oleh para konsumen, khususnya para petani yang berhak untuk menerima pupuk subsidi.
2. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi biaya distribusi yang dikeluarkan oleh PT Petrokimia Gresik. Faktor-faktor tersebut adalah Jumlah produksi pupuk, persediaan pupuk yang terdapat pada Gudang Gresik, jumlah pengeluaran pupuk yang dialokasikan untuk dijual, biaya buruh angkut, pengemasan, dan petugas gudang, biaya peralatan pendukung, dan biaya transportasi yang telah disetujui oleh pihak vendor dengan PT Petrokimia Gresik.
3. Untuk meminimalkan biaya distribusi pupuk urea sekaligus memenuhi tujuan dilakukannya penelitian, dilakukan pengembangan model skenario untuk mengurangi biaya distribusi yang dikeluarkan. Skenario tersebut antara lain adalah skenario untuk menyesuaikan jumlah buruh angkut dengan jumlah pupuk yang diproduksi, serta skenario untuk meminimalkan jumlah pupuk urea yang mengalami kerusakan yang disebabkan oleh *caking* atau penggumpalan, dengan menggunakan pelapisan (*coating*) pada urea tersebut atau *LDPE-coated urea*. Terdapat pula skenario ketiga yang merupakan penggabungan dari implementasi skenario menyesuaikan jumlah buruh angkut dan meminimalkan jumlah kerusakan pupuk.
4. Hasil dari kedua skenario tersebut, yakni skenario untuk menyesuaikan jumlah buruh dan meminimalkan jumlah kerusakan pupuk menghasilkan total penurunan biaya distribusi sebesar Rp.143.110.984,00 saat skenario tersebut dijalankan pada periode simulasi, yakni antara minggu ke-28 hingga minggu ke-60.

Selain itu, penelitian ini juga menghasilkan saran yang dapat digunakan untuk pengembangan, perbaikan, dan penyempurnaan topik dan permasalahan dalam penelitian berikutnya. Berikut beberapa sarannya:

1. Agar model yang dikembangkan dapat merepresentasikan permasalahan serta memberikan solusi dengan lebih baik, diperlukan pengetahuan dan keilmuan yang lebih mendalam mengenai pendekatan model sistem dinamik beserta konsep biaya distribusi pupuk subsidi. Dengan meningkatkan pengetahuan dan pemahaman mengenai permasalahan yang ada,

hal tersebut dapat meningkatkan akurasi model dalam menyelesaikan permasalahan.

2. Pengembangan model dapat ditingkat lagi menjadi lebih detail dengan mengetahui rincian dari biaya distribusi untuk setiap lokasi gudang penyangga, sehingga akurasi model yang dikembangkan dapat mencerminkan kondisi nyata dengan lebih baik.
3. Dengan mendapatkan data yang lebih lengkap mengenai biaya distribusi pupuk subsidi yang terdapat pada setiap lini distribusi, akurasi model yang dikembangkan dapat meningkat sehingga dapat mencerminkan kondisi nyata dengan lebih baik lagi.
4. Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa alternatif yang dapat dilakukan oleh PT Petrokimia Gresik agar dapat meminimalkan biaya distribusi pupuk; Menyesuaikan jumlah buruh angkut dengan jumlah pupuk yang diproduksi dan meminimalkan jumlah pupuk urea yang mengalami kerusakan dengan menggunakan pelapisan (*coating*) pada urea atau *LDPE-coated urea*.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Z. Y. Lasindrang dan A. F. H, "Hubungan Distribusi Terhadap Penjualan (Studi pada Distribusi Pupuk NPK Non Subsidi Area Pemasaran Kalimantan di PT Pupuk Kalimantan Timur)," *Jurnal Administrasi Bisnis*, vol. 54, pp. 197-206, 2018.
- [2] Watiha, A. H. A. Yusra dan D. Kurniati, "Analisis Saluran Distribusi dan Efisiensi Pemasaran Pupuk Bersubsidi di Kecamatan Selakau Kabupaten Sambas," *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, vol. 1, pp. 37-48, 2012.
- [3] D. Susilowati, "Efektivitas Sistem Distribusi Pupuk di Kabupaten Malang," *Jurnal Ekonomika-Bisnis*, vol. 2, pp. 409-430, 2010.
- [4] S. Zdenko, J. Mesarić dan D. Dujak, "Importance of Distribution Channels - Marketing Channels - for National Economy," University of J. J. Strossmayer, Faculty of Economics, Osijek, 2011.
- [5] R. H. Ramadhani, M. Roviq dan M. D. Maghfoer, "Pengaruh Sumber Pupuk Nitrogen dan Waktu Pemberian Urea pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays* Sturt. var. *saccharata*)," *Jurnal Produksi Tanaman*, vol. 4, pp. 8-15, 2016.
- [6] K. Siregar, *Simulasi dan Pemodelan (Aplikasi Untuk Keteknikaan Pertanian)*, Yogyakarta: Deepublish, 2016.
- [7] F. Sugiarto dan J. L. Buliali, "Implementasi Simulasi Sistem untuk Optimasi Proses Produksi pada Perusahaan Pengalengan Ikan," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 1, pp. 236-241, 2012.

- [8] J. D. Sterman, *Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, New York: The McGraw-Hill Companies, 2000.
- [9] H. V. Haraldsson, "Introduction to system thinking and causal loop diagrams," Lunds Universitet, Lund, 2004.
- [10] T. Binder, A. Vox, S. Belyazid, H. Haraldsson and M. Svensson, "Developing System Dynamics Model from Causal Loop Diagram," in *Proc 22nd Int Conf Syst Dyn Soc*, Oxford, 2004.
- [11] D. C. Lane, "Diagramming conventions in system dynamics," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 51, pp. 241-245, 2000.
- [12] Y. Barlas, "Multiple tests for validation of system dynamics type of simulation models," *European Journal of Operational Research*, vol. 42, pp. 59-87, 1989.
- [13] L. A. Tavasszy, *Logistics Families – A Short Introduction*, Delft: TNO Inro, 1999.
- [14] O. A. Salman, "Polyethylene-Coated Urea. 1. Improved Storage and Handling," *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 28, pp. 630-632, 1989.