

MODEL TRANSPORTASI JALUR LAUT UNTUK DISTRIBUSI SEMEN CURAH

Jenny Andres Yunirman

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

Abstract

Cement industry as one of economic agents in addition to technology-intensive production requires good planning also requires planning and transportation patterns of distribution of efficient and effective way to market their products. This is the focus of each cement producers, including PT. Semen Padang. Problems of distribution and transport in the PT. Semen Padang today is not having an optimal assignment system for the delivery of bulk cement sea. Distribution of bulk cement transportation model created is one form of the application of linear programming model integers. This model uses a binary 0 or 1 as a decision variable, in this case is the assignment of the ship. The objective function of this model is the minimization of transport costs to meet demand in each of the packing plant. Approach to fuzzy concepts can be applied to accommodate information that is not definite as, the number of requests in each packing plant.

Keywords: *Assignment, sea transportation, cement, fuzzy linear programming*

1. PENDAHULUAN

Semen adalah komoditas yang sangat strategis bagi Indonesia. Sebagai negara berkembang yang terus melakukan pembangunan, semen menjadi sesuatu kebutuhan yang mutlak. Hal ini diperkuat dengan pembangunan infrastruktur akan terus dilakukan diberbagai daerah dalam beberapa tahun kedepan. Oleh karena itu, industri semen dituntut mampu memenuhi permintaan semen yang semakin naik dengan penyebaran yang semakin meluas. PT. Semen Padang mempunyai sistem distribusi dengan menggunakan dua jalur, yaitu darat dan laut. Sistem distribusi dengan menggunakan jalur laut dilakukan dengan cara mengirimkan semen curah ke beberapa packing plant yang bertujuan untuk menjaga stabilitas pasar. Hal ini merupakan salah satu cara dalam pengelolaan persediaan yang sudah menjadi tanggung jawab perusahaan.

Pengiriman semen ke masing-masing packing plant disesuaikan dengan laju pengeluaran silo. Di sisi lain, pengeluaran silo berbanding lurus dengan tingkat permintaan semen di setiap daerah distribusi packing plant. Permintaan semen yang bersifat tidak pasti menuntut perusahaan harus bisa mengantisipasi adanya fluktuasi permintaan sewaktu-waktu. Sehingga perlu adanya perencanaan yang matang dalam mengelola sistem persediaan semen. Masalah transportasi memiliki hubungan yang sangat signifikan dalam perencanaan tersebut. Karena transportasi pengiriman semen curah ke setiap packing plant

memerlukan biaya yang besar dan sistem penjadwalan yang baik.

Untuk meminimasi biaya distribusi tersebut dapat disiasati dengan membuat penugasan kapal yang efektif. Penugasan kapal yang optimal bisa didapatkan dengan membangun suatu model yang dapat mewakili sistem. Pemodelan sistem dengan masalah optimasi dan penugasan dapat dilakukan dengan menggunakan Pemograman Linear Bilangan Bulat. Pendekatan konsep fuzzy dapat diterapkan untuk mengakomodasi informasi-informasi yang bersifat tidak pasti untuk membantu dari pengambilan keputusan terhadap model yang diusulkan.

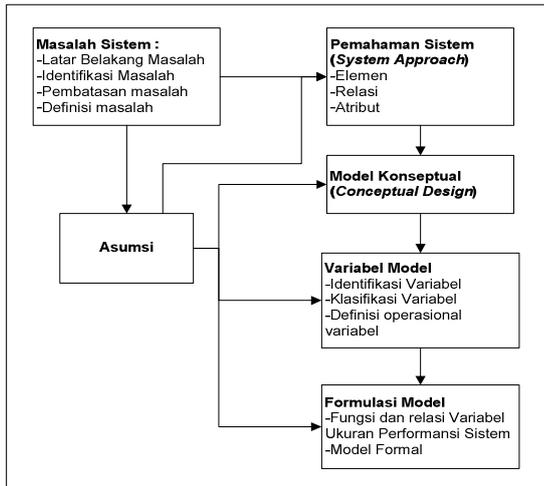
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Model

Pemodelan adalah proses membangun atau membentuk sebuah model dari suatu sistem nyata dalam bahasa formal tertentu [15]. Gordon [6] mendefinisikan model sebagai kerangka utama informasi tentang sistem yang dikumpulkan untuk mempelajari sistem tersebut. Murdick et. al [13] menyatakan bahwa model adalah aproksimasi atau penyimpulan dari sistem nyata yang dapat disusun dalam berbagai bentuk. Berdasarkan definisi para ahli diatas dapat diambil suatu kesimpulan bahwa pada dasarnya model adalah suatu representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu (yang disepakati) dari suatu sistem yang ditransformasikan ke dalam berbagai bentuk guna mendapatkan informasi yang berguna.

Adapun tahapan umum proses pemodelan menurut Simatupang [15], yaitu ; definisi masalah, model konseptual, dan formulasi model. Proses merumuskan perilaku model dalam bentuk fungsi-fungsi suatu variabel terhadap variabel lainnya disebut formulasi atau perumusan model. Interaksi antar variabel yang kompleks sering disederhanakan dengan menggunakan asumsi yang tepat.

Secara garis besar, langkah-langkah konsep formulasi model dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. Tahapan Konsep Formulasi Model [15]

Pemahaman akan suatu model dapat ditingkatkan dengan melakukan analisis model. Secara umum, ada beberapa kriteria untuk mengevaluasi sebuah model, yaitu ; ketelitian, validitas, ketetapan (*consistency*). ketersediaan taksiran untuk variabel, interpretasi dan implementasi model.

2.2. Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi dan validasi merupakan tahapan dalam pemodelan untuk memeriksa diterima atau tidaknya model sebelum model tersebut diterapkan. Suatu model dapat diterima apabila kebenaran yang dihasilkan oleh model tidak bisa dibantah atau model dapat diterima oleh pengambil keputusan. Implikasi dari dua pernyataan tersebut memberikan dua asumsi yang ekstrim, yaitu asumsi harus diperketat atau asumsi harus diperlonggar.

Verifikasi pada dasarnya adalah memeriksa sintesa sistem dengan logika atau analitik secara teoritik. Verifikasi dapat dibedakan menurut tahap pemodelannya, yaitu verifikasi konseptual dan verifikasi logis. Verifikasi model konseptual adalah pengujian relevansi asumsi-asumsi dan teori-teori yang dipegang oleh pengambil keputusan dan analisis dalam melakukan cara pandang situasi masalah. Verifikasi logis adalah

tahap pemeriksaan dilibatkannya atau diabaikannya hubungan beberapa variabel.

Validasi merupakan tahapan terakhir dalam pengembangan model untuk memeriksa dan meninjau apakah keluaran model sesuai dengan sistem nyata, dengan melihat konsistensi internal, korespondensi, dan representasi [15].

2.3. Pemograman Bilangan Bulat (Integer Programming)

Model matematis untuk pemograman bilangan bulat menyerupai model pemograman linear dengan ditambahkan satu batasan bahwa peubah-peubahnya harus berupa bilangan bulat. Jika hanya beberapa peubah yang diperlukan bernilai bulat, maka model ini merupakan pemograman bilangan bulat campuran (PBC). Jika semua peubah harus bernilai bulat maka bentuk ini disebut pemograman bilangan bulat murni. Pemograman bilangan bulat murni ini menyangkut sejumlah keputusan ya atau tidak yang saling berhubungan. Pernyataan seperti ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{jika keputusan ke } j \text{ adalah "ya"} \\ 0, & \text{jika keputusan ke } j \text{ adalah "tidak"} \end{cases}$$

Peubah-peubah seperti ini disebut peubah biner (variabel biner 0-1). Oleh sebab itu, masalah PB hanya terdiri dari peubah-peubah biner sering disebut masalah pemograman bilangan bulat biner (PBB). Jika hanya beberapa variabel yang membutuhkan nilai *integer* sedangkan selebihnya adalah asumsi divisibilitas, model seperti ini disebut sebagai *mixed integer programming*.

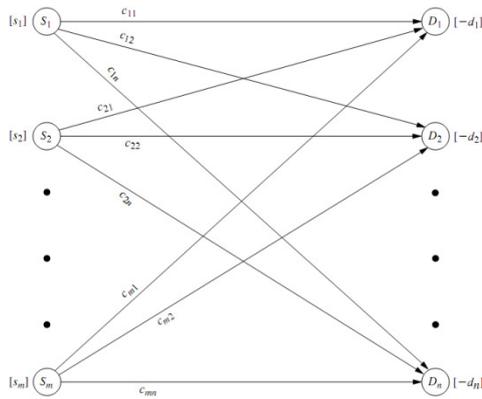
2.4. Model Transportasi

Dimiyati [3] menuturkan bahwa model transportasi adalah suatu model khusus dari program linier. Keunggulan dari model transportasi adalah bisa dipergunakan untuk menyelesaikan masalah pendistribusian suatu komoditas, atau produk, dari sejumlah sumber (*supply*) kepada sejumlah tujuan (*destination permintaan*), dengan tujuan meminimumkan ongkos pengangkutan yang terjadi. Selain itu. Model transportasi memiliki ciri khusus, yaitu : terdapat sejumlah sumber dan sejumlah tujuan, kuantitas dari komoditas atau barang yang didistribusikan oleh setiap sumber dan yang diminta oleh setiap tujuan besarnya adalah tertentu, komoditas yang dikirim atau diangkut dari sumber ke suatu tujuan, besarnya sesuai dengan permintaan dan kapasitas sumber, biaya pengangkutan komoditas dari suatu sumber tujuan, besarnya tertentu.

Data yang paling dibutuhkan dalam model transportasi adalah *supply*, permintaan, dan *unit cost*. Berikut ini merupakan parameter dari masalah transportasi :

	Cost per Unit Distributed					Supply
	Destination					
	1	2	...	n		
1	c_{11}	c_{12}	...	c_{1n}	s_1	
2	c_{21}	c_{22}	...	c_{2n}	s_2	
...	
m	c_{m1}	c_{m2}	...	c_{mn}	s_m	
Demand	d_1	d_2	...	d_n		

Gambar 2. Parameter dari Masalah Transportasi [9]



Gambar 3. Mekanisme Masalah Transportasi [9]

Untuk beberapa aplikasi, kuantitas dan permintaan dalam model memiliki nilai integer dan implementasinya juga akan membutuhkan kuantitas distribusi dengan nilai integer.

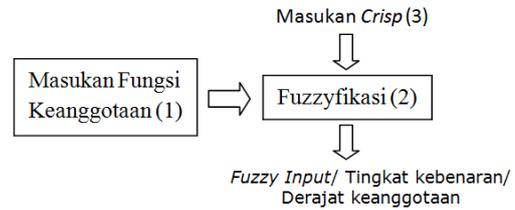
2.5. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* memberikan solusi praktis dan ekonomis untuk mengendalikan sistem yang kompleks. Walaupun namanya agak kontradiktif, logika *fuzzy* memberikan rangka kerja yang kuat dalam memecahkan banyak masalah pengontrolan. Aturan dasar logika *fuzzy* tidak membutuhkan model matematis yang kompleks untuk mengoperasikannya, yang dibutuhkan adalah pemahaman praktis dan teoritis dari perilaku sistem keseluruhan [14].

2.5.1. Fuzzyfikasi dan Fungsi Keanggotaan

Logika samar (*fuzzy*) menghilangkan banyak keraguan dengan menentukan tertentu pada tingkatan tertentu. Langkah pertama dalam memproses logika *fuzzy* memuat transformasi domain yang dinamakan fuzzyfikasi. Masukan *crisp* ditransformasikan ke dalam masukan *fuzzy*

atau tingkat keanggotaan/tingkat kebenaran. Untuk mengubah bentuk masukan



Gambar 4. Mengubah Masukan *Crisp* menjadi Keanggotaan *Fuzzy*

2.5.2. Aplikasi Fuzzy Linear Programming dalam Model Transportasi Jalur Laut untuk Distribusi Semen Curah di PT. Semen Padang

Untuk menyelesaikan suatu masalah *fuzzy linear programming* dapat dilakukan dengan cara merumuskan ulang permasalahan *linear programming* biasa menggunakan nilai optimum individual sebagai batas atas dan batas bawah dari nilai optimal masing-masing objektif yang ada. Untuk kasus *Fuzzy Linear Programming*, fungsi obyektif dan batasan tidak lagi mempunyai arti benar-benar tegas karena ada beberapa hal yang perlu mendapat pertimbangan dalam sistem. Model transportasi jalur laut untuk distribusi semen curah dengan rancangan model *Fuzzy Linear Programming* merupakan model yang mampu menghasilkan penugasan kapal dengan biaya transportasi yang optimal dan dapat mengantisipasi adanya penurunan atau peningkatan permintaan dari hasil peramalan yang ada

3. METODOLOGI

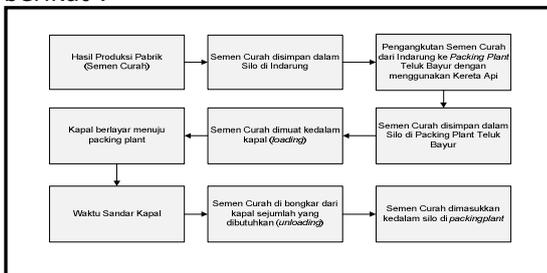
3.1. Kerangka Pemikiran

PT. Semen Padang pada saat ini tidak memiliki penjadwalan yang tetap untuk distribusi semen curah menggunakan kapal. Waktu pengiriman semen ke sebuah *packingplant* hanya berdasarkan kepada kebijakan perusahaan yang mempertimbangkan jumlah *stock* semen di silo masing-masing *packing plant*. Sedangkan pengalokasian kapal mana yang akan digunakan ditentukan berdasarkan pertimbangan jumlah kapasitas kapal. Berikut merupakan peta penugasan kapal untuk tahun 2010 di PT. Semen Padang :



Gambar 5. Peta Wilayah Pendistribusian Semen Curah di PT. Semen Padang (www.wikimapia.com, 2011)

Alur pendistribusian semen curah melalui jalur laut dapat dilihat pada Gambar.6 berikut :



Gambar 6. Mekanisme Pendistribusian Semen Curah

3.2. Formulasi Model

Permasalahan transportasi semen curah di PT. Semen Padang dapat direpresentasikan kedalam suatu bentuk model matematis. Model matematis dipilih karena dibangun atas dasar pengetahuan sistem nyata yang sedang dikaji, teori dan ilmu matematika, serta keterampilan analisis. Model ini dinilai lebih mudah untuk mempelajari keterkaitan hubungan antara objek-objek pada dunia nyata, maupun objek-objek yang abstrak yang kemudian diterjemahkan dalam bentuk simbol-simbol matematis. Prilaku sistem yang memiliki suatu fungsi tujuan dan kendala-kendala yang membatasi sistem mengindikasikan bahwa model yang akan dibuat merupakan model program linear. Model program linear masalah transportasi ini merupakan suatu permasalahan optimasi yang terlebih dahulu dilakukan dengan menentukan asumsi model, notasi, parameter, variabel-variabel keputusan, fungsi tujuan, dan kendala-kendala dalam sistem yang ditransformasikan dari sistem nyata ke dalam bentuk sebuah model. Berikut ini merupakan proses pembangunan model transportasi semen curah :

a. Notasi

Penulisan notasi digunakan untuk lebih mudah mengkomunikasikan kerangka penalaran sistem yang kompleks ke dalam model untuk mendapatkan kesepakatan dan pemahaman bersama.

Notasi yang digunakan dalam model adalah sebagai berikut :

TC_{ijk} : Total biaya transportasi untuk seluruh penugasan dan periode

C_{ijk} : Biaya sewa kapal di periode ke- i , kapal j , untuk tujuan k

CP_j : Kapasitas kapal- j

D_k : Jumlah permintaan di *packing plant*- k

T_{ijk} : Waktu transportasi kapal- j ke *packing plant*- k

b. Variabel

Variabel merupakan lambang yang memiliki unsur-unsur dalam suatu himpunan dari suatu atribut sistem. Variabel Keputusan dalam model ini adalah X_{ijk} , yang merupakan bilangan biner. Apabila X_{ijk} bernilai 1 artinya terdapat penugasan, namun jika X_{ijk} bernilai 0 artinya tidak terdapat penugasan

c. Fungsi Tujuan

Penentuan fungsi tujuan dalam program linear adalah dengan menetapkan variabel mana yang ingin dioptimalkan ke dalam bentuk suatu fungsi linear. Fungsi tujuan dari formulasi model transportasi semen curah ini adalah minimasi biaya transportasi. Biaya Transportasi dapat dihitung dari biaya sewa kapal dikalikan dengan jumlah waktu pemakaiannya. Waktu pemakaian sudah termasuk waktu berlayar kapal pulang-pergi, waktu muat, dan waktu bongkar.

Total Biaya Transportasi = Biaya Sewa Kapal (Rp) x Lama Pemakaian (hari)

$$TC_{ijk} = C_{ijk} \times T_{ijk} \quad (1)$$

Maka, fungsi tujuan dari model adalah:

Minimasi Biaya Transportasi = Minimasi (Total Biaya Transportasi x Total Penugasan)

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o TC_{ijk} \cdot X_{ijk} \quad (2)$$

d. Kendala-Kendala Persamaan (*Constraint*)

Sistem transportasi semen curah dengan menggunakan kapal merupakan sistem yang kompleks dan memiliki beberapa persyaratan/ hambatan yang harus dipenuhi untuk membangun model menjadi logis dan representatif.

Model yang dibangun diharapkan mampu menghasilkan penugasan kapal yang optimal dengan berbasiskan kepada jumlah permintaan. Untuk hal ini dapat diartikan

bahwa jumlah tonase pengiriman ke setiap *packing plant* lebih besar atau sama dengan jumlah permintaan sehingga jumlah permintaan dapat terpenuhi, jumlah kapasitas kapal- j x penugasan (0 atau 1) lebih besar atau sama dengan jumlah permintaan di *packing plant*- k . Pernyataan ini dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$\sum_{j=1}^n CP_j \cdot X_{ijk} \geq D_k \quad (3)$$

Ket.

$$V_i = 1, 2, \dots, m$$

$$V_k = 1, 2, \dots, o$$

Untuk memastikan setiap *packing plant* mendapatkan *supply* semen curah maka perlu ada batasan yang mewakili bahwa setidaknya-tidaknya ada satu kapal yang dialokasikan untuk tiap-tiap *packing plant* di setiap periode. Jumlah seluruh penugasan kapal ke *packing plant*- k untuk setiap periode- i lebih besar atau sama dengan satu, sehingga formulasinya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\sum_{k=1}^o X_{ijk} \geq 1 \quad (4)$$

$$V_i = 1, 2, \dots, m$$

$$V_j = 1, 2, \dots, n$$

Keterbatasan kondisi pelabuhan menyebabkan tidak semua kapal dapat dialokasikan ke semua daerah *packing plant*. Hal ini disebabkan karena ada beberapa pelabuhan yang memiliki kondisi perairan yang tidak memungkinkan untuk dimasuki oleh kapal dengan kapasitas yang besar. Model harus dapat mendeteksi bahwa kapal dengan daya muat yang besar yaitu kapal *Devine Succes* dan *Cement Succes* tidak

ditugaskan ke *packing plant* dengan pelabuhan yang kecil, sehingga jumlah seluruh penugasan kapal ke *packing plant* 4 (Belawan), 5 (Malahayati), dan 6 (Lhoksmawe) sama dengan 0. Pernyataan ini dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$\sum_{k=4}^6 X_{ijk} = 0 \quad (5)$$

Ket.

$$V_i = 1, 2, \dots, m$$

$$V_j = 1, 3$$

Untuk menjamin penugasan kapal yang dihasilkan oleh model tidak memiliki tingkat kesibukan yang tinggi, serta waktu perjalanan yang lama, maka dibutuhkan suatu kendala waktu. Total waktu transportasi kapal yang ditugaskan ke *packing plant* tidak melewati satu periode, maka jumlah waktu transportasi x penugasan (0 atau 1) lebih kecil atau sama dengan jumlah hari dalam satu periode. Pernyataan ini dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$\sum_{k=1}^o T_{ijk} \cdot X_{ijk} \leq N \quad (6)$$

Ket.

$$V_i = 1, 2, \dots, m$$

$$V_j = 1, 2, \dots, n$$

3.3. Kerangka Kerja Model

Kerangka kerja model berfungsi sebagai prosedur dari penggunaan model yang telah dibuat. Model transportasi yang dibangun dapat digunakan dengan mengikuti cara kerja seperti yang digambarkan pada *framework* model dibawah ini :



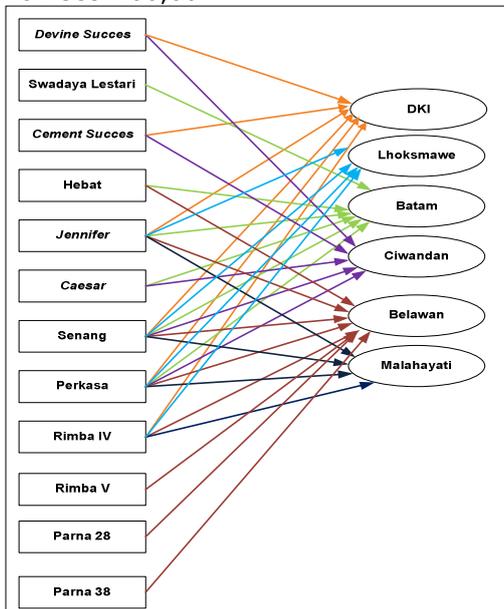
Gambar 5. Kerangka Kerja Model Transportasi Semen Curah

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Model dengan Menggunakan Data Historis

Data historis yang diinputkan kedalam model adalah data satu tahun terakhir yaitu tahun 2010. Data yang dimasukkan ke dalam model adalah rata-rata jumlah permintaan/bulan, kapasitas kapal, waktu tempuh kapal ke setiap *packing plant*, dan biaya sewa /kapal.

Data tahun 2010 yang dimasukkan (*input*) kedalam model menghasilkan penugasan (*output*) yang berbeda dengan penugasan yang telah dilakukan (aktual). Namun hasil penugasan logis untuk diterapkan karena tidak ada penugasan yang tidak layak untuk dilakukan. Model merupakan model dengan tipe *Pure Integer Linier Programming (PILP)* dan hasil *solver* berada pada *state Global Optimum* dengan jumlah iterasi sebanyak 4644. Jenis penyelesaian model dengan menggunakan metode *Branch and Bound Type* pada LINGO 8. Total biaya transportasi (*Best. Objective*) yang dihasilkan model adalah sebesar Rp. 87.395.000.000,00. Biaya yang dihasilkan oleh model jauh lebih minimum dibandingkan biaya transportasi dengan sistem aktual, yaitu sebesar Rp 181.539.200,00



Gambar 8. Peta Penugasan Kapal Aktual Tahun 2010

4.2. Implementasi Model dalam Perencanaan Penugasan Kapal

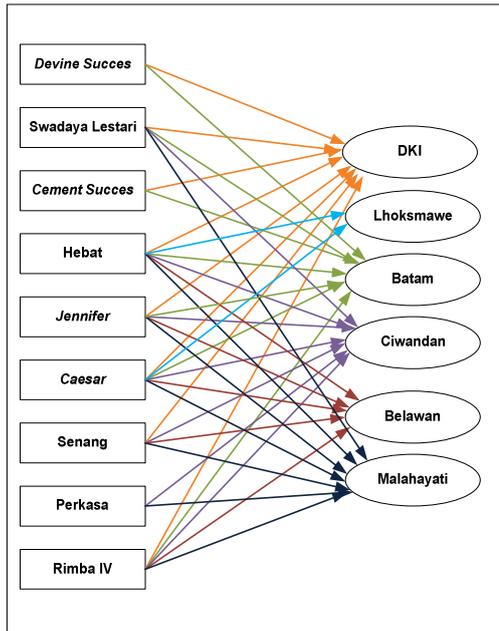
Perencanaan penugasan kapal untuk satu periode kedepan dilakukan guna mengetahui kapal mana saja yang efektif untuk disewa, dan kemana saja kapal

tersebut akan ditugaskan. Oleh karena data yang diperlukan untuk periode selanjutnya belum diketahui maka perlu dilakukan peramalan untuk data jumlah permintaan yang akan dimasukkan ke dalam model. Peramalan permintaan dilakukan untuk memprediksi permintaan di periode berikutnya dengan menggunakan data historis. Peramalan dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, yaitu metode linear, metode kuadratis, dan metode eksponensial. Metode yang menghasilkan persen *error* terkecil adalah metode kuadratis, sehingga hasil peramalan yang akan diimplementasikan dalam model adalah hasil peramalan dengan metode kuadratis. Rekapitulasi peramalan permintaan disetiap *packing plant* dapat dilihat pada Tabel 1 :

Tabel 1. Hasil Peramalan Permintaan di Setiap *Packing Plant* dengan Metode Kuadratis

Periode/PP	Hasil Permalan Permintaan (Ton)					
	DKI	Batam	Ciwandan	Belawan	Malahayati	Lhokseumawe
Jan	63112	9178	12907	12007	37673	4330
Feb	60728	11296	12588	11859	37197	4306
Mar	57788	13742	12180	11702	36628	4283
Apr	54292	16517	11686	11537	35966	4259
Mei	50240	19620	11103	11362	35211	4236
Jun	45632	23051	10433	11180	34363	4214
Jul	40468	26811	9675	10988	33422	4191
Agust	34749	30899	8829	10788	32389	4169
Sep	28473	35315	7896	10579	31262	4147
Okt	21641	40059	6875	10362	30043	4125
Nop	14253	45132	5767	10136	28730	4104
Des	6309	50533	4570	9901	27325	4082

Selanjutnya, hasil peramalan jumlah permintaan disetiap *packing plant* selama satu tahun kedepan dimasukkan kedalam model, yang kemudian diselesaikan dengan menggunakan *software* LINGO 8 . Hasil dari model memberikan solusi biaya minimum sebesar Rp. 89.230.000.000,00 (*output* LINGO lebih lengkap dapat dilihat di Lampiran G). Peta perencanaan penugasan kapal dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Peta Penugasan Kapal Model Perencanaan

4.3. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk melihat seberapa besar perubahan yang terjadi terhadap hasil penugasan model jika ada parameter yang nilainya diubah-ubah. Analisis sensitivitas untuk model transportasi semen curah ini dilakukan dengan menambah atau mengurangi nilai peramalan permintaan untuk mengetahui sejauh mana perubahan fungsi obyektif yang dihasilkan oleh model. Toleransi penambahan dan pengurangan nilai peramalan permintaan yang ditentukan oleh staff dan karyawan Biro Distribusi dan Transportasi PT. Semen Padang adalah sebagai berikut :

- Penurunan nilai peramalan permintaan sebanyak 5 %, menghasilkan biaya transportasi sebesar Rp. 85.225.000.000,00
- Penurunan nilai peramalan permintaan sebanyak 7 %, menghasilkan biaya transportasi sebesar Rp. 83.990.000.000,00
- Peningkatan nilai peramalan permintaan sebanyak 10 %, menghasilkan biaya transportasi sebesar Rp. 96.268.500.000,00
- Peningkatan nilai peramalan permintaan sebanyak 25 %, menghasilkan biaya transportasi sebesar Rp. 110.202.000.000,00
- Penambahan waktu tempuh kapal sebanyak 1 hari, menghasilkan biaya transportasi sebesar Rp. 110.373.000.000,00

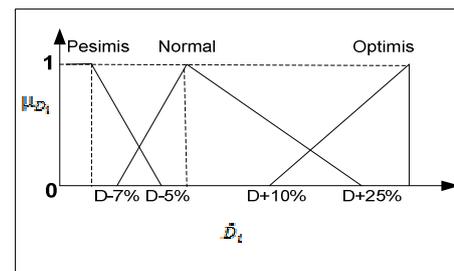
- Pengurangan kapasitas kapal sebanyak 10 % dari kapasitas maksimum kapal, menghasilkan biaya transportasi sebesar Rp. 97.429.500.000,00

4.4. Aplikasi Fuzzy dalam Model Linear Programming Transportasi

Data dan parameter dalam permasalahan *Transportation Planning Decision* (TPD) misalnya jumlah pasokan dan peramalan permintaan sering tidak dapat dipastikan nilainya karena informasi yang didapatkan seringkali tidak lengkap atau tidak dapat ditentukan. Peramalan permintaan merupakan suatu informasi yang mengandung unsur ketidakpastian (*uncertainty*), sedangkan peramalan permintaan adalah masukan (*input*) dari model perencanaan transportasi. Oleh karena itu kendala pada persamaan (3) pada model bersifat *fuzzy*. *Triangular Fuzzy Number* (TFN) dapat digunakan sebagai pendekatan dalam pengambilan keputusan untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Pengambil keputusan dapat membangun distribusi triangular dari \check{D}_i berdasarkan:

- Skenario pesimis dengan menggunakan data peramalan permintaan minimum (D_i^p)
- Skenario normal dengan menggunakan data peramalan permintaan (D_i^n)
- Skenario optimis dengan menggunakan data peramalan permintaan maksimum (D_i^o)



Gambar 10. *Triangular distribusi fuzzy number \check{D}_i*

Untuk mendapatkan fungsi keanggotaan dari kendala permintaan dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$\mu(Z(X)) = \begin{cases} 1 & ; \text{jika } Z(X) \leq L_k \\ \frac{U_k - Z(X)}{U_k - L_k} & ; \text{jika } L_k(X) \geq U_k \\ 0 & ; \text{jika } Z(X) \geq L_k \end{cases} \quad (7)$$

U_k adalah batas atas dan L_k adalah batas bawah dari fungsi obyektif dengan kendala nilai peramalan permintaan yang

difuzzy-kan. Untuk mendapatkan nilai batas atas dan batas bawah dapat dihitung dengan formulasi : $U_k = Z^{maks} = Maks Z(x)$ dan : $L_k = (Z)^{min} = Min Z(x)$, untuk $k = 1,2,3$. U_k dan L_k dihitung dengan penyelesaian masalah obyektif majemuk sebagai obyektif tunggal. Level toleransi yang digunakan oleh pengambil keputusan yaitu 0,05 dan 0,07 untuk batas bawah, sedangkan untuk batas atas adalah 0,1 dan 0,25. Penyelesaian model dengan toleransi 5% dan 7% menghasilkan nilai $(Z)^{min} = 85225000000$ dan $(Z)^{max} = 83.990.000.000$. Sedangkan penyelesaian model dengan toleransi 10% dan 25% menghasilkan nilai $(Z)^{min} = 83.686.600.000$ dan $(Z)^{max} = 110.202.000.000$.

Selanjutnya, solusi TPD dengan kendala fuzzy dilakukan menyelesaikan persamaan dengan teknik program linear biasa dengan memaksimalkan nilai λ , formulasinya adalah sebagai berikut :

Fungsi Obyektif : Max λ

Kendala :

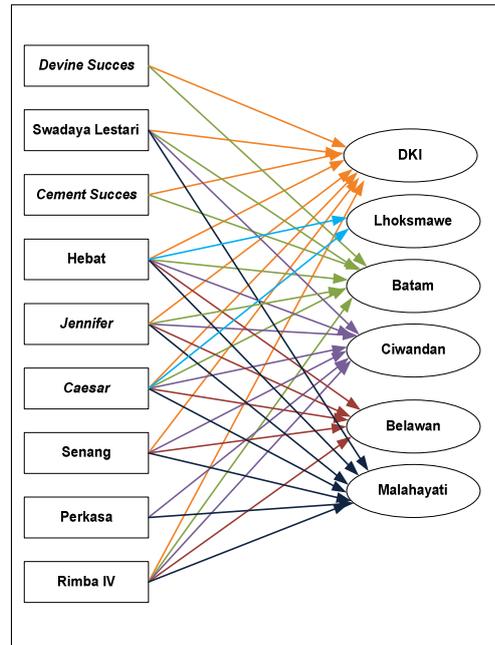
$$\lambda \leq \frac{96268500000 - Z(x)}{11043500000} \quad (8)$$

$$\lambda \leq \frac{110202000000 - Z(x)}{26212000000} \quad (9)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (10)$$

$$\lambda \leq 1 \quad (11)$$

Nilai $Z(x)$ optimal yang didapat adalah Rp 89.230.000.000 dengan nilai $\lambda = 0,00$. Hasil dari model dengan masukan crisp ternyata sama dengan hasil masukan fuzzy, sehingga dapat disimpulkan bahwa penugasan pada model menghasilkan biaya transportasi yang sudah optimal dan mampu diterapkan apabila terjadi penurunan permintaan sejauh 5% hingga peningkatan permintaan sejauh 25%.



Gambar 10. Peta Penugasan Fuzzy

4.5. Perhitungan Idle Capacity dan Lost Cost

Idle Capacity (Kapasitas Menganggur) yaitu banyaknya kapasitas yang tidak digunakan dari jumlah maksimum kapasitas yang ada. Untuk menghitung *Idle Capacity* (IC) kapal, dapat dilakukan dengan rumus berikut :

$$IC(ton) = \text{Kapasitas Maksimum (ton)} - \text{Kapasitas yang digunakan (ton)} \quad (12)$$

Perhitungan *Idle Capacity* dan *Lost Cost* dilakukan untuk data aktual, hasil model, dan model. Perbandingan nilai *lost cost* untuk setiap model sebagai berikut :

- Sistem Aktual Penugasan Tahun 2010 : Rp 24.943.107.634,00
- Hasil Model dengan Penugasan Tahun 2010 : Rp 6.769.515.800,00
- Hasil Model dengan Perencanaan Penugasan : Rp 6.313.615.800,

4.6. Perbandingan Sistem Penugasan Aktual dengan Menggunakan Model

Sistem penugasan kapal pada model maupun pada kondisi aktual sama-sama berbasiskan permintaan. Sehingga jumlah tonase pengiriman semen curah maupun pemilihan kapal disesuaikan dengan banyaknya permintaan di masing-masing *packing plant*. Perbandingan penugasan kapal hasil dari model dengan penugasan sistem sekarang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Sistem Penugasan Aktual dengan Menggunakan Model

No	Aspek	Sistem Sekarang	Hasil Model
1	Sistem Penugasan Kapal	a. Menggunakan sistem <i>charter freight basis</i> dan <i>gross time charter</i>	Menggunakan sistem <i>gross time charter</i> saja
		b. Memungkinkan adanya penugasan kapal ke suatu <i>packing plant</i> lebih dari satu kali dalam periode yang sama	Penugasan kapal untuk satu <i>packing plant</i> hanya 1 kali dalam periode yang sama
2	<i>Demand</i>	Tidak terpenuhi di beberapa <i>packing plant</i>	Terpenuhi untuk seluruh <i>packing plant</i>
3	Kapasitas menganggur (<i>Idle Capacity</i>)	Banyak terjadi <i>Idle capacity</i> kapal	<i>Idle capacity</i> kapal dapat diminimasi
3	Biaya Transportasi	Rp181.539.200.000	Rp87.395.000.000
4	Total <i>Lost Cost</i>	Rp24.943.107.634	Rp4.632.275.241

Berdasarkan Tabel. 2 dapat dianalisis bahwa hasil model lebih baik dari sistem penugasan yang ada saat ini. Penghematan biaya transportasi mencapai 52% dari sistem yang sebelumnya. Tingginya biaya transportasi pada tahun 2010, dapat disebabkan oleh banyaknya terdapat *idle capacity* akibat penggunaan kapasitas yang tidak maksimum, dan kurangnya perencanaan untuk alokasi jumlah pengiriman ke setiap *packing plant*.

4.7. Analisis Implikasi Penerapan Model

Solusi yang didapatkan dari model memiliki beberapa kekurangan dan kelebihan. Aspek-aspek yang menjadi resiko dari penerapan model bagi perusahaan adalah sebagai berikut :

1. Perusahaan harus memperbaharui kontrak penyewaan kapal menjadi satu sistem charter kapal saja, yaitu sistem *gross time charter*. Hal ini menyebabkan perusahaan tidak menggunakan tiga jenis kapal dengan sistem charter freight basis yaitu kapal Parna 28, Parna 38 dan Rimba V karena seluruh permintaan sudah dapat dipenuhi dengan menggunakan sembilan kapal dengan sistem *gross time charter* saja. Pengurangan sewa kapal akan memberikan konsekuensi bisnis bagi perusahaan dengan pihak terkait.
2. Penerapan model menuntut perusahaan harus dapat menjamin setiap kapal dapat dimuat dengan kapasitas maksimum yang dimasukkan ke dalam model. Sehingga sesuai

jumlah pengiriman sesuai dengan jumlah permintaan.

3. Kapal-kapal yang digunakan harus dalam kondisi baik, sehingga waktu tempuh berlayar kapal tidak bertambah dari waktu yang telah dimasukkan ke dalam model. Sehingga, tidak terjadi perbedaan yang sangat jauh dari hasil model dengan realisasi nantinya.

5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. Kesimpulan

Model transportasi jalur laut distribusi semen curah di PT. Semen Padang merupakan salah satu aplikasi dari suatu permasalahan *Binary Integer Linear Programming* yang bertujuan untuk mengoptimalkan biaya transportasi dan pemenuhan permintaan di masing-masing *packing plant*.

Hasil dari implementasi model memberikan solusi yang lebih minimum dibandingkan dari hasil sistem yang dilakukan oleh perusahaan saat sekarang ini. Berikut ini merupakan hasil yang didapatkan dari model:

1. Biaya transportasi semen curah untuk tahun 2010 sebesar Rp. 87.395.000.000,00. Penghematan biaya transportasi mencapai 47% dari sistem yang sebelumnya yaitu sebesar Rp 181.539.200.000,00.
2. Perencanaan penugasan kapal semen curah dengan pendekatan *fuzzy* menghasilkan biaya transportasi sebesar Rp 89.230.000.000,00.

3. Penerapan model memberikan konsekuensi bagi perusahaan berupa perubahan kontrak sistem penyewaan kapal dan adanya *idle capacity* yang menyebabkan timbulnya *lost cost* untuk setiap penugasan kapal

5.2. Rekomendasi

Sistem yang kompleks dan luas menuntut model lebih adaptif dalam memberikan hasil. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan model transportasi distribusi semen curah dengan penambahan sebagai berikut :

1. Model dikembangkan untuk sistem *charter* yang lain, seperti *freight basis* dan *pure time charter*.
2. Model dapat dikembangkan untuk sistem pengambilan keputusan (*Decision Support System*).
3. Model transportasi bisa diintegrasikan dengan model perencanaan produksi dengan model perencanaan produksi semen curah, sehingga jumlah produksi yang optimal dapat diketahui

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. L. Ackoff, S. K. Gupta dan J. S. Minas. *Scientific Method Optimizing Applied Research Decisions*. New York: John Wiley, 1962.
- [2] E. Cox. *The Fuzzy Systems Handbook: A Practitioner's Guide to Building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems*. Cambridge: AP Profesional, 1994.
- [3] Dimiyati. *Riset Operasi*. Bandung: CV.Taha Putra, 1994.
- [4] N. S. Fashbir . Situasi Semen Nasional dan Antisipasinya. Diakses pada 20 April 2011 dari <http://www.blogspot.com/artikelpengetahui>, 2010
- [5] V. Gasperz. *Production planning and inventory control* (Berdasarkan Pendekatan sistem terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufacturing 21). Jakarta : PT. Gramedia, 2004.
- [6] G. Gordon. *System Simulation*. NJ : Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1978.
- [7] R. A. Hadiguna, Machfud, Eriyatno, A. Suryani dan Yandra. Model Matematik Sistem Transportasi Tandan Buah Segar pada Rantai Pasok Agroindustri Minyak Sawit Mentah. *Jurnal Teknologi Pertanian*. vol. 14, 67-77, 2010.
- [8] R. A. Hadiguna dan Marimin. Alokasi Pasokan Berdasarkan Produk Unggulan untuk Rantai Pasok Sayuran Segar. *Jurnal Teknik Industri*. vol. 9, no.2, 85-101, 2007.
- [9] G. J. Lieberman dan F. S. Hiller. *Introduction to Operational Research*. (Ed.7). New York: McGraw Hill International Editions, 2001.
- [10] S. Li-Hsing. *Cement Transportation Planning Via Fuzzy Linear Programming*. *International Journal of Production Economics*, Vol 58, 277-287, 1999.
- [11] S. Kusumadewi dan H. Purnomo. Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan (Ed.1). Yogyakarta : Graha Ilmu, 2004.
- [12] R. Murdick, G. Ross, dan E. Joel. *Information Systems for Modern Manajemen*. NJ: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1984
- [13] Setiadji. Himpunan & Logika Samar Serta Aplikasinya. Yogyakarta: Graha Ilmu, 1999.
- [14] T. M. Simatupang. *Pemodelan Sistem*. Klaten : Nindita, 1995.
- [15] L. X. Wang. *A Course in Fuzzy Systems and Control*. Mexico: Prentice Hall International Inc., 1997.
- [16] B. P. Zeigler, *Theory of Modelling and Simulation*. New York: John Wiley, 1976.