

# PERANCANGAN SISTEM DISTRIBUSI PUPUK MENGGUNAKAN NEURAL NETWORK DAN MIXED LINEAR PROGRAMMING

Edi Surjono<sup>\*</sup> dan Abdullah Shahab<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Holland Colour Asia

Brebeq Industri II /No. 2 Surabaya

<sup>\*\*</sup>Program Studi Magister Manajemen Teknologi ITS

Jl. Cokroaminoto 12A, Surabaya

e-mail: [mmtits@rad.net.id](mailto:mmtits@rad.net.id)

**ABSTRACT:** *Business environment is pushing a fertilizer distribution company, which is currently concentrating in Java, to expand their market to another area in Indonesia. Kalimantan is one of the target areas, and several provinces in Kalimantan are then chosen to be the potential areas to be reached.*

*To accommodate this need, it is necessary that an extensive distribution networks, involving ports, depots, warehouses, ships, and various land transportations, which is capable to fulfill the demand of each region with minimum cost, be considered. Optimization technique using Mixed Integer Programming is applied. The purpose of this optimization is to minimize transportation cost as well as other costs for building depots and warehouses, with a due consideration of technological and economical constraints.*

*One of the most important data required for this optimization is the prediction of demand for each region. Neural Network is used for this purpose. Using some parameters identified as factors affecting fertilizer consumption in several areas in Java, demand forecasting of fertilizer for some areas in Kalimantan could be well predicted.*

*By applying demand prediction excerpted from the output of Neural Network and optimization using Mixed Integer programming, an optimal distribution system in Kalimantan could be procured. The result of the optimization will specify which ports, depots and warehouses, that should be built, as well as ships and land transportations that should be used, which accordingly will guarantee an optimal distribution system.*

**Keywords:** *Distribution, Neural Network, Mixed Linear Programming*

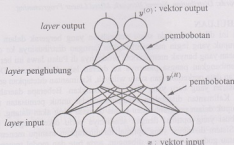
## 1. PENDAHULUAN

Studi ini dilakukan pada suatu perusahaan yang bergerak dalam bisnis pemasaran pupuk yang ingin mengembangkan jaringan distribusinya ke daerah lain. Perusahaan yang banyak memasarkan produknya di Pulau Jawa ini berhasrat untuk mengembangkan pangsa pasarnya ke daerah lain di Indonesia. Dengan memperhatikan data perkembangan suatu wilayah, Kalimantan ditetapkan sebagai daerah pemasaran yang baru yang akan dikembangkan. Beberapa daerah atau kota-kota di Kalimantan ditetapkan sebagai kandidat untuk pemusatan upaya pemasaran pupuk dalam pengembangan bisnis di masa yang akan datang. Suatu sistem distribusi yang optimal dengan sendirinya perlu dikembangkan untuk maksud ini. Sistem distribusi yang optimal ini diharapkan mampu menentukan lokasi depo atau gudang yang harus dibangun, serta rute dan model transportasi yang digunakan.

Dengan menggunakan *Neural Network* untuk memprediksikan potensi konsumsi pupuk di Kalimantan, dan dengan memformulasikan masalah sebagai suatu model *Mixed Linear Programming*, dirancang suatu sistem distribusi yang mampu meminimalkan biaya-biaya yang terkait pada proses pendistribusian produk, sehingga dengan demikian bisa menghasilkan keuntungan yang lebih besar bagi perusahaan.

*Neural network* adalah suatu sistem pemrosesan data yang bekerja dengan mencoba menirukan cara kerja sistem syaraf di dalam otak manusia. Sistem ini berusaha untuk memetakan seperangkat *input* menjadi seperangkat *output*. Proses pemetaan ini dilakukan oleh elemen-elemen yang dinamakan elemen pemroses atau *neuron-neuron*. *Neuron-neuron* ini terkait satu dengan yang lain dalam suatu arsitektur jaringan atau *network*. *Network* ini biasanya terdiri dari *layer-layer*, yang bisa dibedakan menjadi *layer input* yang memproses data dari luar, *layer output* yang memberikan data keluar, dan *layer penghubung* yang mengaitkan antara *layer input* dengan *layer output* (Stergiou & Sigamos, 1996).

Gambar 1 menunjukkan arsitektur suatu jaringan *neural* dengan *layer input*, *layer penghubung*, dan *layer output*. *Neuron-neuron* sebagai elemen pemroses digambarkan sebagai bola-bola bulat. Dengan mencari proses pemetaan antara *input* dengan *output* dari suatu jaringan *neural* seperti ini, kaitan antara *input* dan *output* suatu proses bisa diperoleh.\* Jaringan dengan arsitektur yang sudah ditentukan ini akan diperkenalkan dengan data yang terdiri dari pasangan seperangkat *input* dan seperangkat *output*. Dengan menggunakan sistem pembelajaran tertentu, jaringan diharapkan bisa memetakan atau menemukan kaitan antara data *input* dan data *output*. Jaringan dianggap berfungsi dengan baik apabila deviasi yang terjadi antara *output* hasil prediksi menggunakan jaringan dan *output* sebenarnya adalah minimal. Apabila jaringan sudah menemukan pemetaan dengan deviasi yang paling kecil, maka jaringan sekarang bisa digunakan untuk memprediksi nilai *output* yang baru pada saat *input-input* dengan harga yang baru dipasok kedalam jaringan (Chester, 1993).



Gambar 1. Arsitektur Jaringan Neural

Pada aplikasi peramalan, *Neural network* memerlukan 2 jenis *input* dari luar yang digunakan dalam proses *training* jaringan *neural* (Bigus, 1996). *Input* yang pertama merupakan serangkaian parameter yang diidentifikasi

mempengaruhi terjadinya suatu kejadian, sedangkan *input* kedua merupakan kejadian itu sendiri. Sebagai contoh, untuk peramalan konsumsi pupuk, neural network memerlukan faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi pupuk pada daerah tertentu serta konsumsi pupuk pada daerah tersebut. Dengan menggunakan data-data *input* tersebut, *neural network* akan mempelajari pola yang terjadi antara faktor-faktor yang mempengaruhi suatu kejadian dengan kejadian itu sendiri. Selanjutnya pola yang telah dipelajari dapat digunakan untuk melakukan peramalan di tempat lain.

Pemrograman linier merupakan dasar dari beberapa metode optimasi khusus yang lazim digunakan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan optimasi yang spesifik. Berdasarkan nilai yang disyaratkan untuk variabel-variabel yang digunakan, dikenal beberapa model *Linear programming*. *Integer programming* digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dengan nilai variabel *integer*, sedangkan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi dimana sekaligus terdapat beberapa syarat nilai variabel, digunakan *Mixed Linear Programming*. Dalam *Mixed Linear Programming* variabel-variabel penyusun bisa bernilai pecahan, *integer*, maupun biner.

Dalam studi ini *Neural Network* akan digunakan untuk memprediksi *demand* pupuk untuk kota-kota di 3 propinsi di Kalimantan, yaitu Propinsi Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan. Sebelum jaringan *Neural* ini bisa digunakan, maka jaringan ini diperkenalkan terlebih dahulu dengan data yang terkait dengan *demand* pupuk untuk daerah-daerah di pulau Jawa. Dengan asumsi bahwa kondisi yang terkait dengan kebutuhan pupuk di Jawa mirip dengan apa yang ada di Kalimantan, maka hasil pemetaan antara *input* dan *output* yang terkait di Pulau Jawa diharapkan bisa untuk digunakan memprediksi kebutuhan pupuk di daerah-daerah di Kalimantan.

Jaringan *Neural* ini akan dipasok dengan seperangkat *input* yang dianggap relevan dengan kebutuhan pupuk di suatu daerah. Untuk seperangkat *input* ini data kebutuhan pupuk di daerah tersebut dipadankan sebagai *output*. Dengan memasukkan *input* ini untuk berbagai daerah di Jawa dengan *output* yang berpadanan, direncanakan suatu jaringan *Neural* dengan pengaturan arsitektur yang mampu meminimalkan deviasi antara *output* hasil prediksi jaringan dengan *output* yang sebenarnya.

Setelah diadakan proses iterasi pembelajaran pada jaringan ini, maka jaringan dengan deviasi minimal ini bisa digunakan untuk memprediksi kebutuhan pupuk daerah-daerah di Kalimantan. Dengan memasukkan sebagai *input* data relevan yang terkait dengan kebutuhan pupuk di daerah-daerah di Kalimantan, kebutuhan pupuk suatu daerah bisa diprediksikan.

Untuk memprediksi konsumsi pupuk di suatu daerah tertentu dengan menggunakan *neural network* diperlukan beberapa parameter yang diperkirakan terkait dengan konsumsi pupuk di suatu daerah. Dalam penelitian ini parameter-parameter yang diperkirakan dapat digunakan sebagai indikator konsumsi pupuk di suatu daerah adalah: luas area tanam padi sawah, produksi padi sawah, luas area tanam padi ladang, produksi padi ladang, luas area tanam jagung, produksi jagung, luas area tanam kacang tanah, produksi kacang tanah, luas area produksi kacang kedelai, produksi kacang kedelai, luas area produksi kacang hijau, dan produksi kacang hijau.

Data luas areal pertanian di Jawa Timur dan konsumsi pupuk di Jawa Timur dimasukkan sebagai *input Neural network*. *Neural network* mempelajari pola yang terjadi antara parameter-parameter *input* (luas areal pertanian) dan *output* (konsumsi pupuk). *Neural Network* mengenali pola hubungan antara parameter-parameter yang diumpangkan serta mendapatkan bobot dari tiap hubungan. Data luas areal pertanian di Kalimantan selanjutnya diumpangkan ke *Neural Network*, dan dengan menggunakan pola serta bobot yang telah dipelajari sebelumnya, *Neural Network* memprediksikan konsumsi pupuk di berbagai kabupaten yang ada di Kalimantan.

## 2. PERMODELAN MATEMATIS DISTRIBUSI PUPUK

Permodelan matematis ini ditujukan untuk menentukan suatu sistem distribusi pupuk untuk daerah-daerah atau kota-kota di Kalimantan dengan biaya seminimal mungkin. Permodelan ini akan menyangkut variabel-variabel yang meliputi: jumlah pupuk yang harus dibawa dari beberapa pangkalan dengan berbagai jenis kapal; jumlah dan lokasi depo yang harus dibangun; jumlah dan lokasi gudang yang harus dibangun; dan jenis serta jumlah *rate* dari sarana transportasi darat dan laut yang digunakan.

Kebutuhan pupuk untuk kota-kota di Kalimantan ini direncanakan akan dipasok dari beberapa pangkalan yang berada di Jawa dan Sumatera, seperti Surabaya, Jakarta, atau Medan. Untuk ini, beberapa depo perlu dibangun di daerah-daerah pesisir di Kalimantan. Depo merupakan tempat penampungan pengiriman pupuk dari pangkalan-pangkalan yang ada di Jawa dan Sumatera yang bisa dijangkau dengan kapal laut. Beberapa daerah dipilih sebagai daerah potensial pembangunan depo-depo ini. Pengangkutan pupuk dari pangkalan-pangkalan diluar Kalimantan ke depo-depo di Kalimantan ini akan dilakukan dengan berbagai jenis kapal dengan tonase dan biaya yang berbeda-beda. Kebutuhan pupuk untuk kota-kota di pedalaman akan dipasok dari depo-depo yang berada di pesisir, yang bisa dilakukan langsung ke kota-kota, atau melalui gudang-gudang distribusi yang bisa dibangun di kota-kota tertentu. Pembangunan gudang-gudang ini mungkin diperlukan untuk mengakomodasi kemungkinan biaya transportasi yang mahal apabila pupuk harus di-*supply* langsung ke suatu kota yang lokasinya sedemikian rupa sehingga memerlukan biaya transportasi yang mahal. Distribusi pupuk dari depo langsung ke kota-kota atau melalui gudang-gudang bisa dilakukan dengan berbagai jenis truk dengan tonase dan biaya yang berbeda-beda.

Permodelan ini membutuhkan data yang meliputi: lokasi, kapasitas, dan biaya pengadaan depo yang mungkin dibangun; lokasi, kapasitas, dan biaya pengadaan gudang; biaya transportasi kapal dan truk untuk tonase dan tujuan tertentu; dan data permintaan pupuk untuk kota-kota di Kalimantan. Data permintaan pupuk untuk kota-kota di Kalimantan ini, sebagaimana sudah dijelaskan sebelumnya, diprediksikan dengan menggunakan jaringan *Neural*.

### 2.1. Fungsi Tujuan

Tujuan dari permodelan pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan biaya distribusi yang paling minimal dengan menentukan sarana distribusi yang dipakai serta titik-titik dimana depo atau gudang harus dibangun. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

**Minimalkan:**

$$z = \sum_{q=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{qij} \cdot S_{qij} + \sum_{r=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \beta_{rjk} \cdot TD_{rjk} + \sum_{r=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \tau_{rkl} \cdot T_{rkl} + \sum_{j=1}^n \gamma_j \cdot D_j + \sum_{k=1}^n \delta_k \cdot G_k \quad (1)$$

dimana:

- $\alpha_{qij}$  = Biaya angkut per rate untuk kapal jenis  $q$  dari pangkalan  $i$  menuju depo  $j$
- $S_{qij}$  = Jumlah rate kapal jenis  $q$  dari pangkalan  $i$  menuju depo  $j$
- $\beta_{rjk}$  = Biaya angkut per rate untuk truk  $r$  yang berasal dari depo  $j$  menuju kota  $k$
- $TD_{rjk}$  = Jumlah rate truk  $r$  yang berasal dari depo  $j$  menuju kota  $k$
- $\tau_{rkl}$  = Biaya angkut per rate untuk truk  $r$  yang berasal dari gudang kota  $k$  menuju kota  $l$
- $T_{rkl}$  = Jumlah rate truk  $r$  yang berasal dari gudang kota  $k$  menuju kota  $l$
- $\gamma_j$  = Biaya operasional depo kota  $j$  per bulan
- $D_j$  = Depo kota  $j$  (Variabel Biner)
- $\delta_k$  = Biaya operasional gudang kota  $k$  per bulan
- $G_k$  = Gudang kota  $k$  (Variabel Biner)

**2.2. Fungsi Kendala**

Permodelan untuk distribusi pupuk di Kalimantan ini dibatasi oleh beberapa kendala-kendala. Kendala-kendala ini berkaitan dengan permintaan pupuk untuk kota-kota, kapasitas sarana transportasi dan distribusi, dan kendala-kendala yang berhubungan dengan pengadaan depo atau gudang.

**2.2.1 Kendala permintaan kota-kota**

Permintaan kota-kota harus dipenuhi dengan menggunakan sarana transportasi yang ada. Dirumuskan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n X_{qij} \geq B_l \quad l = 1, 2, \dots, p \quad (2)$$

Dimana:

- $X_{qij}$  = suplai barang masuk yang berasal dari pangkalan  $i$  menuju ke kota  $l$  melewati depo kota  $j$  dan gudang kota  $k$
- $B_l$  = Permintaan kota  $l$  (Ton / bulan)

**2.2.2 Menentukan Keberadaan Depo**

Untuk tiap-tiap kota yang berada di tepi pantai atau pesisir dan dapat diakses dengan sarana perhubungan laut, diasumsikan semuanya berpotensi sebagai depo. Hasil optimasi nantinya akan memperlihatkan kota-kota mana saja yang perlu dibangun depo. Model matematis dari kendala ini bisa dituliskan sebagai :

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \sum_{l=1}^p X_{ikl} - K_j D_j \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$l \neq j$$

Dimana:

- $K_j$  = Kapasitas / Daya Tampung Depo kota  $j$  (ton)

### 2.2.3 Menentukan Keberadaan Gudang

Pada awalnya setiap kota adalah kandidat untuk gudang. Selanjutnya dengan optimasi akan ditentukan kota-kota mana yang perlu dibangun gudang. Model matematis masalah ini adalah sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p \sum_{l=1}^p X_{ijl} - W_k G_k \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots, j \quad (4)$$

$$j \neq k \ \& \ l \neq k$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p \sum_{l=1}^p X_{ijl} - W_k G_k \leq 0 \quad k = j+1, \dots, o$$

$$l \neq k$$

Dimana:

- $W_k$  = Kapasitas / Daya Tampung Gudang kota  $k$  (ton)

### 2.2.4 Penentuan Sarana transportasi

Metode distribusi untuk tiap-tiap kota bervariasi, dapat menggunakan truk atau langsung menggunakan kapal laut. Model matematis untuk metode distribusi dengan menggunakan kapal laut adalah sebagai berikut:

$$\sum_{k=1}^o \sum_{l=1}^p X_{ikl} - \sum_q C_q S_{iq} \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

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

Dimana:

- $C_q$  = Kapasitas / Daya Angkut Kapal  $q$  (ton/rate)

Model matematis untuk angkutan truk dibedakan menjadi 2 macam, yaitu yang berasal dari depo dan yang berasal dari gudang. Model matematisnya adalah sebagai berikut:

- Truk dari depo ke gudang

$$\sum_{i=1}^m X_{iqk} + \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^p X_{ijl} - \sum_r H_r T D_{qr} \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots, o \quad (6)$$

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

Dimana :

- $H_r$  = Kapasitas / Daya Angkut per rate Truk jenis  $r$  (ton/rate)

- Truk dari gudang ke kota-kota

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} - \sum_r H_r T_{ri} \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots \dots j \quad (7)$$

$$l \neq k = 1, 2, \dots \dots p \\ j \neq k$$

$$\sum_i \sum_j X_{ij} - \sum_r H_r T_{ri} \leq 0 \quad k = j+1, \dots \dots o \quad (8)$$

$$l \neq k = 1, 2, \dots \dots p$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan melengkapi formulasi matematis yang dituliskan sebelumnya dengan data yang berkaitan dengan kebutuhan pupuk untuk setiap kota (diperkirakan dengan jaringan *Neural*), biaya pengadaan dan kapasitas depo dan gudang, dan biaya transportasi dan tonase kapal dan truk berbagai jenis untuk tujuan yang berbeda-beda, program matematis ini bisa diselesaikan. Penyelesaian program matematis ini menghasilkan suatu sistem distribusi yang mampu memenuhi permintaan pupuk kota-kota yang ada dengan biaya yang paling minimal. Dengan penyelesaian program ini diperoleh nilai-nilai dari variabel-variabel keputusan yang meliputi lokasi depo atau depo-depo yang harus dibangun; lokasi gudang yang harus dibangun (bila memang diperlukan); sarana transportasi yang digunakan dan jumlah rate dari pangkalan ke depo-depo; sarana transportasi yang digunakan dan jumlah rate dari depo ke gudang-gudang atau ke kota-kota; dan sistem alokasi pemenuhan kebutuhan untuk kota-kota. Secara keseluruhan, program ini memuat lebih dari 1200 variabel keputusan dengan lebih dari 200 kendala. Penyelesaian optimal diperoleh dengan menggunakan perangkat lunak dengan jumlah iterasi mencapai 740000.

Dari prediksi menggunakan jaringan *Neural*, total potensi konsumsi pupuk di 3 propinsi di Kalimantan mencapai lebih dari 32000 ton per bulan. Perkiraan biaya distribusi minimal yang diperoleh dari penyelesaian program matematis untuk mendistribusikan pupuk di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan, mendekati nilai Rp. 7 milyar. Distribusi pupuk yang optimal di Kalimantan memerlukan pembangunan 2 depo dan 3 gudang. Depo perlu dibangun di kota Pontianak dengan kapasitas 5000 ton dan di kota Banjarmasin dengan kapasitas 15000 ton. Dari 3 gudang yang perlu dibangun, 1 gudang terletak di propinsi Kalimantan Barat dan 2 gudang yang lain terletak di propinsi Kalimantan Selatan. Di Propinsi Kalimantan Barat gudang dibangun di Kabupaten Sangau. Sedangkan di Propinsi Kalimantan Selatan gudang yang dibangun terletak di Kabupaten Banjar dan Tapin. Semua gudang yang dibangun memiliki kapasitas 1000 ton. Hasil optimasi distribusi pupuk secara keseluruhan untuk daerah-daerah di Kalimantan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaturan Pemenuhan Kebutuhan Pupuk bagi Kota-kota di Kalimantan

No.	Kota Tujuan Demand (Ton)	Supply Dari:					
		Pangkalan Jumlah Supply	Metode Transportasi	Depo Jumlah Supply	Metode Transportasi	Gudang Jumlah Supply	Metode Transportasi
1	Kalimantan Barat Sambas 2500	Jakarta 2400	2 x Kapal 1 1 x Kapal 2	Pontianak 100	2 x Truk 1 2 x Truk 3		
2	Bongkayang 1100			Pontianak 1100	27 x Truk 1 2 x Truk 3		
3	Pontianak 3900	Medan 3000 Jakarta 5000	3 x Kapal 1 5 x Kapal 1				
4	Sangau 1200			Pontianak 1200	55 x Truk 1		
5	Ketapang 1300			Pontianak 1300	32 x Truk 1 2 x Truk 3		
6	Sintang 1300			Pontianak 300	7 x Truk 1 2 x Truk 3	Sambas 1000	25 x Truk 1
7	Kapuas Hulu 900	Jakarta 1000	1 x Kapal 1				
	Kalimantan Tengah						
8	Kotawaringin Barat 800	Surabaya 800	2 x Kapal 2				
9	Kotawaringin Timur 1000	Surabaya 1000	1 x Kapal 1				
10	Kapuas 700	Surabaya 700	1 x Kapal 2 3 x Kapal 3				
11	Palangkaraya 2800	Surabaya 2800	2 x Kapal 1 2 x Kapal 2				
	Kalimantan Selatan						
12	Tarah Lauit 2000			Benjarmasin 2000	50 x Truk 1		
13	Banjir 2300			Benjarmasin 3300	82 x Truk 1 2 x Truk 3		
14	Barito Kuala 2700			Benjarmasin 2700	66 x Truk 1 2 x Truk 2 1 x Truk 3		
15	Tapin 1700			Benjarmasin 2700	67 x Truk 1 2 x Truk 3		
16	Hulu Sungai Selatan 1700			Benjarmasin 1700	42 x Truk 1 2 x Truk 3		
17	Hulu Sungai Tengah 1100			Benjarmasin 1100	27 x Truk 1 2 x Truk 3		
18	Hulu Sungai Utara 1500			Benjarmasin 600	15 x Truk 1	Banjir 600	22 x Truk 1
						Tapin	2 x Truk 3
						20	



Tabel 1. Pengaturan Pemenuhan Kebutuhan Pupuk bagi Kota-kota di Kalimantan (lanjutan)

No.	Kota Tujuan Demand (Ton)	Supply Dari:					
		Pangkalan Jumlah Supply	Metode Transportasi	Depo Jumlah Supply	Metode Transportasi	Gudang Jumlah Supply	Metode Transportasi
19	Tabelong 1100					Barjar 120	3 x Truk 1
						Tapin 980	24 x Truk 1 2 x Truk 3
20	Barjamasin 700	Surabaya 14800	14 x Kapal 1 2 x Kapal 2				

Keterangan:

- Kapal 1 : Kapasitas angkut 1000 ton / rit
- Kapal 2 : Kapasitas angkut 400 ton / rit
- Kapal 3 : Kapasitas angkut 100 ton / rit
- Truk 1 : Kapasitas angkut 40 ton / rit
- Truk 2 : Kapasitas angkut 25 ton / rit
- Truk 3 : Kapasitas angkut 10 ton / rit

Tabel 1 menunjukkan pangkalan-pangkalan yang terlibat, depo-depo dan gudang-gudang yang harus dibangun serta jumlah pupuk yang harus dikirim dari pangkalan, depo, atau gudang, ke kota-kota. Dari Tabel 1 bisa dilihat sebagai contoh, kota Sambas dengan prediksi kebutuhan sebesar 2500 ton/bulan akan dipasok dari pangkalan Jakarta sebanyak 2400 ton dan dari depo Pontianak sebanyak 100 ton. *Supply* dari Jakarta dikirim dengan Kapal jenis 1 sebanyak 2 rit dan Kapal jenis 2 sebanyak 1 rit. Sedangkan supply dari depo Pontianak dikirim dengan Truk jenis 1 sebanyak 2 rit dan Truk jenis 3 sebanyak 2 rit.

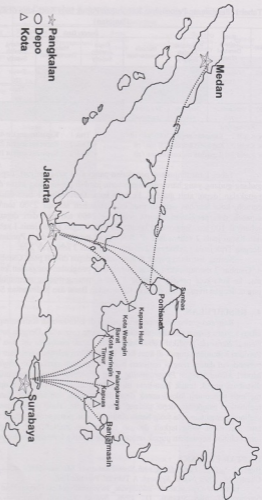
Skema distribusi pupuk di Kalimantan dapat dilihat pada Gambar 2, 3, dan 4. Gambar 2 menunjukkan aliran pupuk dari pangkalan-pangkalan ke depo-depo atau ke kota-kota pesisir, Gambar 3 dan 4 masing-masing menunjukkan aliran pupuk dengan transportasi darat di Kalimantan Barat dan Kalimantan Selatan.

#### 4. KESIMPULAN

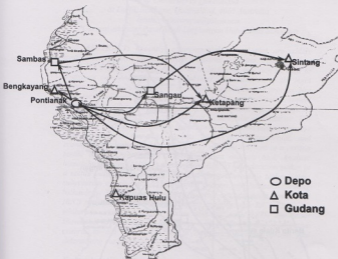
Rencana perluasan pemasaran pupuk di kota-kota di Kalimantan menuntut adanya suatu sistem penanganan distribusi yang memadai. Dengan menggunakan *Neural Network*, prediksi kebutuhan pupuk untuk kota-kota ini bisa ditentukan. Prediksi kebutuhan pupuk di kota-kota ini dijadikan sebagai salah satu *input* untuk permodelan dalam rangka optimasi biaya pengadaan sarana dan biaya distribusi. Model *Mixed Integer Programming* yang diterapkan untuk menentukan sistem distribusi pupuk untuk kota-kota ini berhasil menentukan sistem optimal yang meliputi penentuan lokasi untuk depo dan gudang, dan rencana distribusi yang melibatkan pangkalan, depo, gudang, dan kota-kota. Hasil perencanaan distribusi meliputi penentuan rute yang harus ditempuh, dan penggunaan sarana transportasi laut dan darat yang terkait dengan tonase dan jumlah *rate*, yang menjamin terpenuhinya kebutuhan pupuk untuk masing-masing kota dengan biaya minimal.

#### DAFTAR PUSTAKA

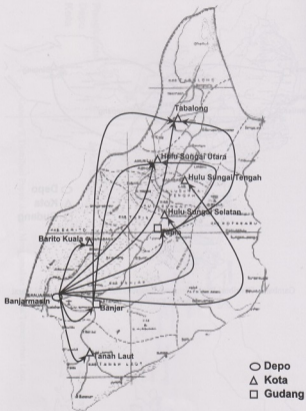
- Bigus, J. P., 1996. *Data Mining with Neural Networks*. McGraw-Hill.  
 Chester, M., 1993. *Neural Network, A Tutorial*. Prentice Hall.  
[http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise\\_96/journal/vol14/cs11/report.html](http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol14/cs11/report.html)  
 Stergiou, C., dan Siganos, D., 1996. *Neural Network*, [http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise\\_96/journal/vol14/cs11/report.html](http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol14/cs11/report.html)



Gambar 2. Distribusi Pupuk dengan Menggunakan Sarana Transportasi Laut



Gambar 3. Distribusi Pupuk dengan Menggunakan Sarana Transportasi Darat di Propinsi Kalimantan Barat



Gambar 4. Distribusi Pupuk dengan Menggunakan Sarana Transportasi Darat di Propinsi Kalimantan Selatan