

# MODEL TRANSPORTASI JALUR LAUT UNTUK DISTRIBUSI SEMEN CURAH

**Jenny Andres Yunirman**

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas Padang

**Dr. Rika Ampuh Hadiguna**

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas Padang

E-mail: [hadiguna@ft.unand.ac.id](mailto:hadiguna@ft.unand.ac.id)

## ABSTRAK

*Industri semen sebagai salah satu pelaku ekonomi yang padat teknologi selain memerlukan perencanaan produksi yang baik juga memerlukan perencanaan pola distribusi dan transportasi yang efisien dan efektif untuk memasarkan produknya. Hal ini merupakan fokus dari setiap produsen semen, termasuk PT. Semen Padang. Permasalahan distribusi dan transportasi di PT. Semen Padang saat ini adalah belum memiliki sistem penugasan yang optimal untuk pengiriman semen curah jalur laut. Model transportasi distribusi semen curah yang dibuat merupakan salah satu bentuk penerapan dari model pemograman linear bilangan bulat. Model ini menggunakan bilangan biner 0 atau 1 sebagai variabel keputusannya, dalam hal ini adalah penugasan kapal. Fungsi tujuan dari model ini adalah minimasi biaya transportasi untuk memenuhi permintaan di masing-masing packing plant. Pendekatan konsep fuzzy dapat diterapkan untuk mengakomodasi informasi-informasi yang bersifat tidak pasti seperti, jumlah permintaan di masing-masing packing plant.*

**Kata Kunci : penugasan kapal, transportasi laut, semen curah, fuzzy linear programming, biaya transportasi**

## 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 (Simatupang, 1995). Gordon (1978) mendefinisikan model sebagai kerangka utama informasi tentang sistem yang dikumpulkan untuk mempelajari sistem tersebut. Murdick et. al (1984) 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.

### **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 (Simatupang, 1995).

### **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

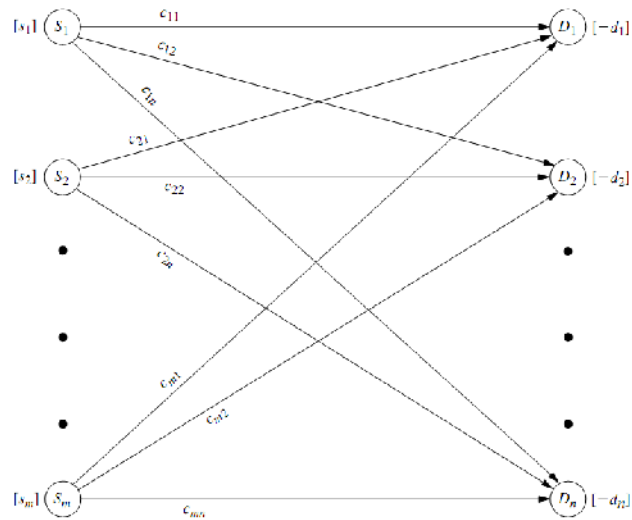
Dimiyati (1994) menuturkan bahwa model transportasi adalah suatu model khusus dari program linier. Keunggulan dari model transportasi adalah bisa dipergunakan untuk menyelesaikan masalah pendistribusian suatu komoditas, atau produk, dari sejumlah sumber (*supply*) kepada sejumlah tujuan (*destination 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 (Hiller and Lieberman, 2001)

Sedangkan, mekanisme masalah transportasi dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 3.** Mekanisme Masalah Transportasi (Hiller and Lieberman, 2001)

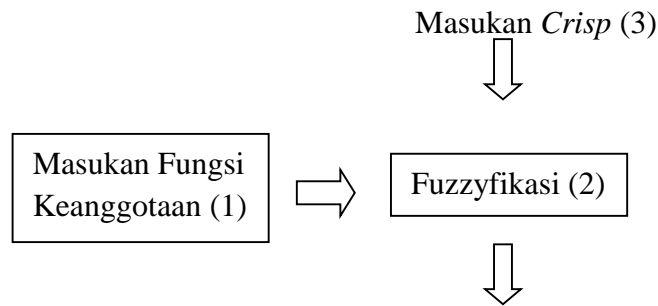
Untuk beberapa aplikasi, kuantitas dan permintaan dalam model memiliki nilai integer dan implementasinya juga akan membutuhkan kuantitas distribusi dengan nilai integer.

## 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 (Setiadji, 2009).

### 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*/tingkat keanggotaan/tingkat kebenaran. Untuk mengubah bentuk masukan *crisp* ke dalam masukan *fuzzy*, fungsi keanggotaan pertama kali harus ditentukan untuk tiap masukan. Sekali fungsi keanggotaan ditentukan, fuzzyfikasi mengambil nilai masukan secara *realtime*.



*Fuzzy Input/ Tingkat kebenaran/Derajat keanggotaan*

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

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering disebut derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Fungsi keanggotaan dinyatakan untuk memberarti numerik pada tiap label. Setiap fungsi keanggotaan mengidentifikasi daerah nilai masukan yang berkorepondensi dengan label.

**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.

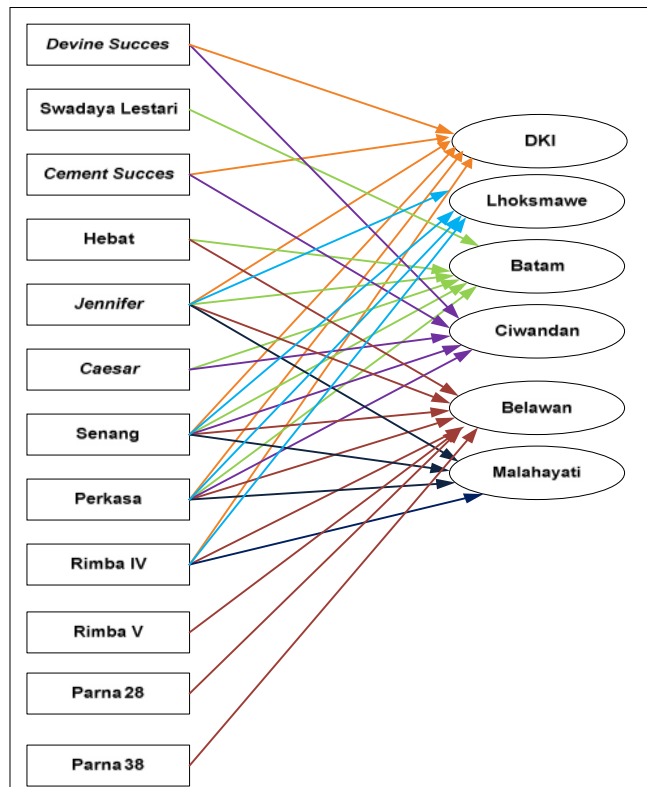
**3 HASIL DAN PEMBAHASAN**

**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

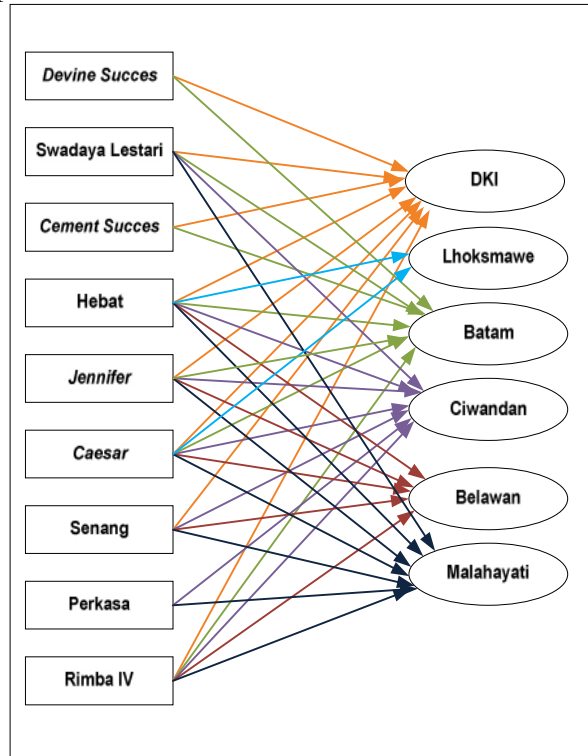
#### 4.2 Implementasi Model dalam Perencanaan Penugasan Kapal

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 di setiap *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 :

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

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

## 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 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 Saran

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 semen curah, sehingga jumlah produksi yang optimal dapat diketahui

## DAFTAR PUSTAKA

- Ackoff, R.L, Gupta, S.K, dan Minas, J. S. (1962). *Scientific Method Optimizing Applied Research Decisions*. New York : John Wiley
- Cox, E. (1994). *The Fuzzy Systems Handbook ; A Practitioner's Guide to Building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems*. Cambridge: AP Profesional
- Dimiyati. (1994). Riset Operasi. Bandung: CV.Taha Putra.
- Fashbir, N. S. (2010). Situasi Semen Nasional dan Antisipasinya. Diakses pada 20 April 2011 dari <http://www.blogspot.com/artikelpengetahuan>
- Gasperz, V. (2004). *Production planning and inventory control* (Berdasarkan Pendekatan sistem terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufacturing 21). Jakarta : PT. Gramedia
- Gordon, G.(1978). *System Simulation*. NJ : Prentice Hall, Englewood Cliffs
- Hadiguna, R. A., Machfud, Eriyatno, Suryani, A., dan Yandra. (2010). Model Matematik Sistem Transportasi Tandan Buah Segar pada Rantai Pasok



- Agroindustri Minyak Sawit Mentah. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Vol. 14, p. 67-77.
- Hadiguna, R. A, dan Marimin. (2007). Alokasi Pasokan Berdasarkan Produk Unggulan untuk Rantai Pasok Sayuran Segar. *Jurnal Teknik Industri*. Vol. 9, No.2, p. 85-101.
- Liebermen, G. J and Hiller, F. S (2001). *Introduction to Operational Research*. (Ed.7). New York: McGraw Hill International Editions.
- Li-Hsing, S. (1999), *Cement Transportation Planning Via Fuzzy Linear Programming*. Int J, Production Economics Vol 58 p. 277-287
- Kusumadewi S dan Purnomo H. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan* (Ed.1). Yogyakarta : Graha Ilmu
- Murdick, Robert G, Ross, dan Joel E. (1984) *Information Systems for Modern Manajemen*. NJ : Prentice Hall, Englewood Cliffs
- Setiadji. (1999), *Himpunan & Logika Samar Serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Simatupang, T.M. (1995). *Pemodelan Sistem*. Klaten : Nindita.
- Wang, L.X. (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control*. Mexico : Prentice Hall International Inc.
- Zeigler, B.P. (1976), *Theory of Modelling and Simulation*. New York : John Wiley