
ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA TRANSPORTASI PENGIRIMAN BARANG ANTARA METODE FIFO DENGAN STEPPING STONE DAN VOGEL

¹ **Budi Gunawan** ² **Sulistiono Wreksodihardjo**

Email: sulistiono_304@ymail.com

Penulis

Budi Gunawan adalah alumni teknik industri Universitas Bunda Mulia yang saat ini menggeluti bidang produksi di industri manufaktur.

Sulistiono Wreksodihardjo adalah staf pengajar tetap Universitas Bunda Mulia jurusan teknik industri. Mata kuliah yang pernah diampu seperti manajemen operasi, manajemen sains, statistik industri dan riset operasi.

Bidang peminatan: *Riset Operasi*

Abstract

Transportation cost analysis appears in a number of design in various fields such as network supplies, communications networks, and variety of other fields which have the principle of transferring the object from one place to another place. This transportation cost analysis can be used as indicators or benchmarks to measure whether the usual method of delivery of goods made by certain parties were optimal or not. Application of the method of transportation cost analysis in this study is to combine several tools or methods of solving the transportation problem, which consists of the methods of the *North West Corner* (NWC), *Stepping Stone* (SS), *Vogel Approximation Method* (VAM). From the results of the comparison between the usual calculation of the cost paid by the company (First In First Out) with a method of solving transportation problems, will be selected that contributed the largest savings as a final result.

Keywords

North West Corner, Stepping Stone, Vogel Approximation Method

PENDAHULUAN

Rantai pasok (*supply chain*) merupakan salah satu disiplin ilmu yang cakupan bahasannya sangat luas. Dalam rantai pasok produk, terdapat aktivitas logistik, distribusi, dan sebagainya. Transportasi merupakan salah satu bagian dari keseluruhan kegiatan dalam rantai pasok produk yang terpenting. Tanpa moda, metode, dan penjadwalan transportasi yang baik, keseluruhan aktivitas dalam rantai pasok produk tidak berjalan optimum untuk mencapai kepuasan konsumen dan efisiensi biaya.

Transportasi atau perangkutan adalah perpindahan dari suatu tempat ke tempat lain dengan menggunakan alat pengangkutan, baik yang digerakkan oleh tenaga manusia, hewan atau mesin. Konsep transportasi didasarkan pada adanya perjalanan antara asal dan tujuan. Perjalanan adalah pergerakan orang dan barang antara dua tempat kegiatan yang terpisah untuk melakukan kegiatan perorangan atau kelompok dalam masyarakat. Perjalanan dilakukan melalui suatu lintasan tertentu yang menghubungkan asal dan tujuan menggunakan alat angkut atau kendaraan dengan kecepatan tertentu. Jadi perjalanan adalah proses perpindahan dari satu tempat ke tempat yang lainnya (Sukarto, 2006).

Tujuan diadakan penelitian ini adalah untuk menentukan fasilitas transportasi manakah yang akan dipakai untuk pengiriman barang ke konsumen, menentukan jadwal pengiriman barang seefektif dan seefisien mungkin kepada konsumen., menghemat biaya transportasi pengiriman barang.

Metode Penelitian

Pengambilan data dari perusahaan didapat dari interview, observasi dan data sekunder, dari data tersebut kita dapat mulai menganalisis perhitungan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan terkait pengeluaran biaya transportasi pengiriman barang ke beberapa daerah tujuan. Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dengan menggunakan metode pemecahan masalah transportasi berupa metode *North West Corner* (NWC), *Stepping Stone* (SS) dan *Vogel Approximation Method* (VAM). Dengan menggunakan metode pemecahan masalah transportasi, akan didapat beberapa fasilitas transportasi pengiriman barang yang seharusnya digunakan. Ongkos yang dikeluarkan untuk melakukan pengiriman barang ke beberapa tempat tujuan kemudian akan menghasilkan biaya operasional secara keseluruhan. Biaya yang dikeluarkan itulah yang dijadikan patokan dan perbandingan dengan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan, sehingga menghasilkan biaya penyusutan atau biaya yang bisa dihemat jika menggunakan metode pemecahan masalah transportasi. Pada kesimpulan akhir akan dipilih manakah yang menghasilkan perhitungan biaya terendah.

1) Objek penelitian yang diangkat oleh penulis adalah berupa sistem transportasi yang dilakukan oleh perusahaan terkait dalam hal

pendistribusian produk jadi ke beberapa tempat tujuan dengan menggunakan teori transportasi. Dengan membandingkan sistem transportasi yang sedang dilakukan oleh perusahaan terkait kemudian dengan menggunakan sistem transportasi rekayasa berdasarkan teori NWC – *Stepping Stone* – *Vogel*, yang pada akhirnya adalah memilih sistem pengiriman barang yang distribution *cost*-nya paling kecil guna menghemat biaya pengiriman barang. Penjadwalan pengiriman dan penyusunan barang ke dalam engkel juga menjadi faktor yang harus diperhatikan karena semakin banyaknya muatan engkel akan menentukan tingkat efektifitas dan efisiensi pengiriman barang, dan penjadwalan yang baik akan meminimalisir pengeluaran biaya yang cukup signifikan.

- 2) Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis memperoleh data perusahaan langsung dari pemiliknya, yaitu dari catatan perusahaan terkait daftar barang-barang yang didistribusikan, kepada siapa barang didistribusikan, ongkos jalan, daerah tujuan pengiriman utama, observasi langsung di perusahaan terkait. Armada yang digunakan, cara penyusunan barang ke dalam truk engkel, tanya jawab kepada pemilik terkait sejarah perusahaan, proses bisnis utama perusahaan, biaya-biaya distribusi, dan masalah umum yang sering terjadi di perusahaan.
- 3) Urutan penelitian yang penulis lakukan adalah dengan pengumpulan data, analisa data dengan menggunakan metode yang sudah dipilih dan kemudian membuat kesimpulan.

Dalam memecahkan masalah transportasi, terlebih dahulu harus diketahui masalah apa saja yang dihadapi, apa yang seharusnya dilakukan agar permasalahan tersebut dapat diselesaikan, dan apa dampak atau hasil yang akan dicapai.

Persoalan transportasi yang sering muncul dalam kehidupan sehari-hari merupakan satu golongan tersendiri dalam persoalan program linier. Oleh karena itu, metode umum penyelesaian persoalan program linier, yaitu metode simpleks dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan transportasi. Tetapi, karena masalah transportasi memiliki karakteristik data dan tujuan solusi yang berbeda dengan metode simpleks, dibutuhkan metode perhitungan yang lebih praktis dan efisien (Setiawan, 1997).

Gambaran umum masalah transportasi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Sebuah perusahaan yang menghasilkan produk tertentu, memiliki sejumlah variasi produk, melalui sejumlah pabrik pada lokasi yang berbeda, pasti akan mengirim produknya ke berbagai tujuan yang membutuhkannya dalam jumlah *demand* tertentu, atau
- Sejumlah produk yang akan dikirim dari sejumlah pelabuhan asal ke sejumlah pelabuhan tujuan, masing-masing dengan tingkat *demand* yang juga sudah diketahui.

Secara teoritis, tiap pelabuhan asal (pabrik) dapat memuat seluruh, sebagian maupun tidak sama sekali dari sejumlah persediaan untuk dikirimkan kepada pelabuhan tujuan. Selain itu, seringkali tidak dapat

dibedakan antara jenis produk satu dengan yang lainnya pada pelabuhan-pelabuhan asal (Herawati,2010).

Dalam penyelesaian masalah transportasi, sasaran utama adalah mengalokasikan barang yang ada pada pelabuhan asal sedemikian rupa hingga semua *demand* pada pelabuhan tujuan terpenuhi. Sedangkan tujuan utama dari masalah transportasi adalah untuk mencapai jumlah biaya (*total costs*) serendah mungkin atau dengan kata lain perusahaan akan mencapai laba sebesar-besarnya (Dewi,2003).

Sebagai ilustrasi, dapat dilihat contoh berikut: misalnya terdapat 2 pelabuhan asal, yaitu A1 dan A2, dan 3 pelabuhan tujuan, yaitu T1, T2, dan T3. Pelabuhan A1 dan A2 masing-masing mengirimkan sejumlah 50 dan 70 satuan barang dan pelabuhan T1, T2 dan T3 masing-masing menerima 40, 60, dan 20 satuan barang dari pelabuhan A1 dan A2. Ongkos kapal (ongkos angkut) dari A1 ke T1, T2 dan T3 masing-masing Rp 30,- , Rp 5,- dan Rp 10,- tiap satuan barang dan dari A2 ke T1, T2 dan T3 masing Rp 5,- , Rp 10,- , Rp 20,- tiap satuan barang. Ilustrasi persoalan ini dapat dilihat pada berikut: (kiriman dan kebutuhan dalam 1 unit barang)

Tabel 1
Ilustrasi Masalah Transportasi

Asal / Tujuan	T1	T2	T3	Kiriman
A1	30	5	10	50
A2	5	10	20	70
Kebutuhan	40	60	20	120

Sumber: Heizer, 2005

Misalnya X_{ij} adalah jumlah unit barang yang dikirim oleh pelabuhan A_i ($i = 1, 2$) ke pelabuhan T_j ($j = 1, 2, 3$). Model matematika dari persoalan ini adalah:

$$\text{min. } z = 30X_{11} + 5X_{12} + 10X_{13} + 5X_{21} + 10X_{22} + 20X_{23}$$

dengan kendala:

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} = 50 \dots\dots\dots (A1)$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} = 70 \dots\dots\dots (A2)$$

$$X_{11} + X_{21} = 40 \dots\dots\dots (T1)$$

$$X_{12} + X_{22} = 60 \dots\dots\dots (T2)$$

$$X_{13} + X_{23} = 20 \dots\dots\dots (T3)$$

$$X_{ij} \geq 0 \text{ untuk semua } i \text{ dan } j$$

Model matematika ini ternyata memang persoalan Program *Linier* (PL) yang pada hakikatnya dapat diselesaikan dengan metode simpleks.

Model matematika tersebut dapat dipindahkan dalam format tabel dari masalah transportasi sebagai berikut:

Tabel 2
Matriks Umum Penyelesaian Masalah Transportasi

	T1	T2	...	Tj	...	Tn	ai
A1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1j}	...	X_{1n}	a1
A2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2j}	...	X_{2n}	a2
...
Am	X_{m1}	X_{m2}	...	X_{mj}	...	X_{mn}	am
bj	b1	b2	...	b	...	bn	$\Sigma b_i / \Sigma a_i$

Sumber : Introduction to Operation Research, McGraw Hill

Kotak (i,j) dalam tabel memuat C_{ij} dan X_{ij} . Bila X_{ij} di dalam kotak adalah layak, maka jumlah X_{ij} pada basis i ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) akan sama dengan a_i dan jumlah X_{ij} pada kolom j ($j = 1, 2, 3, \dots, m$) akan menghasilkan b_j . Jadi, kelayakan X_{ij} mudah diperiksa dengan menggunakan persyaratan di atas.

Menentukan Jawab Layak yang Pertama

Langkah pertama dalam menyelesaikan masalah transportasi adalah menentukan jawab layak yang memenuhi semua kendala atau sistem angkutan yang diperlukan (Setiawan A.B, 2008). Dari jawab layak dapat dicari jawab layak optimal, yaitu jawab yang meminimumkan ongkos angkutan (total costs). Ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan metode *Northwest Corner/ NWC* yang dilanjutkan dengan metode *Stepping Stone* sebagai berikut:

Metode Pojok Barat-Laut (*North West Corner/ NWC*)

Cara penyelesaian dengan menggunakan metode pojok barat-laut (*North West Corner method*) sebagai berikut:

1. Mulailah dari pojok barat-laut (lihat Tabel 1 di atas), yaitu sel (1,1), bandingkan persediaan di A1 dengan kebutuhan di T1, yaitu masing-masing a_1 dan b_1 . Jadikanlah $X_{11} = \min(a_1, b_1)$
 - a. Jika $a_1 > b_1$, maka $X_{11} = b_1$. Teruskan ke sel (1,2), yaitu gerakan mendatar, di mana $X_{12} = \min(a_1 - b_1, b_2)$
 - b. Jika $a_1 < b_1$, maka $X_{11} = a_1$. Teruskan ke sel (2,1), yaitu gerakan tegak, di mana $X_{21} = \min(b_1 - a_1, a_2)$
 - c. Jika $a_1 = b_1$, maka buatlah $X_{11} = b_1$ dan teruskan ke X_{22} (gerakan miring)
2. Teruskan langkah ini, setapak demi setapak, menjauhi pojok barat-laut sehingga akhirnya, harganya telah dicapai di pojok tenggara tabel.

Setelah $m+n-1$ langkah, $m+n-1$ kendala telah terpenuhi dan sisanya akan terpenuhi dengan sendirinya. Oleh karena itu, cara ini memiliki tidak lebih dari $m+n-1$ variabel X_{ij} yang lebih besar daripada 0 karena di tiap langkahnya, salah satu atau A_i (asal) atau T_j (tujuan)

telah terpenuhi. Jadi, pasti $m+n-1$ variabel $X_{ij} > 0$ yang memenuhi $m+n-1$ kendala, atau dengan kata lain, $m+n$ kendala adalah jawab layak basis.

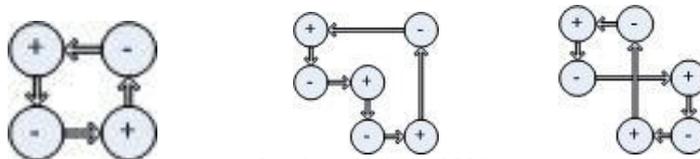
Jawab layak basis yang ditemukan dengan menggunakan metode *North West Corner* (NWC) mungkin masih jauh dari optimal karena faktor ongkos angkut sama sekali tidak diikutsertakan dalam perhitungan. Meskipun demikian, metode ini masih lebih baik dibandingkan dengan metode *simpleks* karena metode NWC jauh lebih mempersingkat jalan untuk menentukan jawab optimal, terutama untuk persoalan yang terdiri dari jumlah asal (A_i) dan tujuan (T_i) yang besar. Selain itu, jawab telah langsung menjadi bilangan cacah tanpa pembulatan seperti yang sering dilakukan pada metode *simpleks* (Dewi, 2003).

Metode Batu Loncatan (*Stepping Stone*)

Misalnya diketahui jawab layak basis dari suatu masalah transportasi dengan m asal dan n tujuan. Artinya terdapat $m+n-1$ variabel basis X_{ij} yang lebih besar daripada 0. Tapi tidak diketahui apakah jawab ini sudah optimal atau belum. Untuk menentukan apakah suatu jawab layak basis sudah optimal atau belum, digunakanlah metode yang disebut metode batu loncatan atau *Stepping Stone method*. Pendekatan yang digunakan dalam metode ini serupa dengan yang digunakan dalam metode *simpleks*, tapi dengan perhitungan yang lebih sederhana dan dengan jumlah yang lebih sedikit. Dua istilah yang digunakan dalam metode ini, yaitu: sel basis dan sel nonbasis.

Yang dimaksud dengan sel basis adalah sel yang mendapat alokasi, sedangkan sel nonbasis adalah sel yang tidak mendapatkan alokasi.

Langkah selanjutnya yang merupakan kelanjutan dari metode NWC adalah membuat *loop* (lintasan) dan menghitung $Z_{ij} - C_{ij}$ dari sel nonbasis; jumlah *loop* harus genap, melibatkan 1 sel nonbasis dan yang lainnya adalah sel basis, yang ditandai dengan simbol (+) positif dan negatif (-) secara berselang-seling. Setiap index (-) mewakili biaya transportasi total yang dapat dikurangi jika satu unit dikirimkan dengan kombinasi sumber tujuan tertentu (Heizer, 2005). Contohnya dapat dilihat pada gambar berikut:



Sumber: Heizer, 2005

Gambar 1

Contoh Loop (Lintasan) Metode *Stepping Stone*

Umumnya, dalam penyelesaian masalah transportasi, digunakan perpaduan metode NWC yang dilanjutkan dengan metode *Stepping Stone*. Metode NWC digunakan pertama untuk mengisi matriks di pojok kiri atas sesuai dengan kapasitas muatan kendaraan pertama, lalu dilanjutkan dengan penyesuaian matriks sesuai

alokasinya yang berbasiskan perhitungan total *costs* yang dihasilkan (Zulfa, 1996).

Metode VAM (*Vogel Aproximation Method*)

Penyelesaian kasus dengan metode VAM alokasi dimulai dengan mencari selisih antara biaya terendah pertama dan kedua dari setiap baris dan kolom pada tabel transportasinya. Selisih biaya terbesar tersebut yang akan digunakan untuk menentukan alokasi manakah yang dipakai untuk mengisi sel. Perlu diingat bahwa sel yang dialokasikan terlebih dahulu adalah sel yang biayanya paling rendah di baris atau di kolom tersebut. VAM adalah hasil pengembangan versi dari *Least-Cost Method* yang biasanya, tetapi tidak selalu, menghasilkan solusi awal yang lebih baik. (Taha, 2007).

Pemecahan masalah transportasi untuk kasus tidak normal

Seperti yang tertulis di atas, jika dalam menganalisa data, kita menemui kasus dimana jumlah kapasitas tidak sama dengan jumlah kebutuhan (*Supply \neq Demand*), maka kasus ini dikategorikan sebagai kasus tidak normal (tidak seperti contoh metode yang sebelumnya). Kriteria dari masalah transportasi yang tidak normal ini dapat dikarenakan :

1. Jika kapasitas $>$ kebutuhan, akan terjadi kelebihan kapasitas dan hal ini akan menimbulkan biaya simpan
2. Jika kapasitas $<$ kebutuhan, akan terjadi kekurangan kapasitas yang berarti akan menimbulkan biaya kehilangan kesempatan jual (*opportunity cost*).
3. Terjadi masalah “*Degenaracy*” dimana syarat $(m+n)-1$ tidak terpenuhi.

Oleh karena itu, sebelum dapat diselesaikan dengan metode yang akan dipilih, terlebih dahulu kasus semacam ini harus diubah bentuknya menjadi kasus normal seperti yang ada pada contoh metode yang sebelumnya

Sebagai contoh masalah transportasi tidak normal 1, kapasitas pengiriman A3 meningkat menjadi X unit. Untuk menyelesaikan kasus ini (kapasitas $>$ kebutuhan), maka dalam tabel transportasinya perlu dibuat satu kolom sebagai tambahan yang disebut kolom *Dummy*, untuk mengakomodir kelebihan kapasitas yang ada. Dalam kolom ini, semua sel yang ada tidak memerlukan biaya (*cost*-nya 0) (Haizer, 2007).

Contoh kasus masalah transportasi tidak normal 2 adalah keadaan dimana dengan kapasitas pengiriman sebelumnya, ternyata kebutuhan di daerah tujuan B1 naik menjadi X unit, sehingga saat ini kebutuhan $>$ kapasitas yang tersedia.

Untuk menyelesaikan kasus tidak normal ini, yang perlu dilakukan adalah dengan menambahkan baris *Dummy* untuk menampung kelebihan kebutuhan dari daerah tujuan B1. Setelah dibuat baris *Dummy* untuk menampung kelebihan kebutuhan, proses penyelesaian dengan solusi awal NWC ditempuh dengan cara yang sama seperti kasus normal.

Kasus tidak normal ketiga sering disebut dengan masalah Degenaracy, dimana syarat alokasi / jumlah sel yang teralokasi tidak memenuhi syarat $(m+n)-1$. Untuk menyelesaikan masalah kasus Degenaracy ini, perlu diberikan nilai nol pada salah satu sel yang masih kosong (di sel manapun yang masih kosong), sehingga meskipun ada sel yang bernilai nol, tapi jumlah sel yang terisi telah memenuhi syarat alokasi $(m+n)-1$ yaitu sebanyak 6 sel. Dengan pemberian nilai nol ini maka sekarang semua sel kosong dapat diuji dan proses mencari hasil optimal dapat dilakukan seperti biasa, yaitu dengan cara normal (Subagyo, 2000).

PEMBAHASAN

Dalam menjalankan pendistribusian barang jadi ke beberapa daerah tujuan terdapat berbagai biaya yang sangat besar dampaknya, diantaranya adalah biaya operasional dan biaya tidak terduga lainnya. Biaya transportasi yang berjalan di perusahaan ini dapat dikategorikan cukup besar, ini dikarenakan faktor pendistribusian barang jadi yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode FIFO (*First In First Out*), secara langsung kita dapat mengetahui bahwa jika menggunakan metode ini hampir dapat dipastikan biaya yang dikeluarkan adalah besar. Perusahaan melakukan pelayanan *demand* yang datang berupa produksi barang yang dipesan dan kemudian langsung melakukan pengiriman barang, tanpa menunggu barang lain yang mungkin saja dapat diantar secara bersamaan. Jika kita melihat dari sisi konsumen, pelayanan dengan menggunakan metode ini dinilai sangatlah baik, karena bagi konsumen yang melakukan pemesanan terlebih dahulu maka akan diantar lebih dahulu, dan demikian sebaliknya. Tetapi jika kita melihat dari sisi produsen, menggunakan metode FIFO lebih dinilai kurang tepat karena akan berdampak pada bengkaknya biaya transportasi pengiriman barang. Analisa dengan menggunakan metode pemecahan masalah transportasi ini memiliki tujuan agar menekan biaya transportasi agar menjadi seminim mungkin dengan tanpa mengabaikan faktor waktu pengiriman.

Namun permasalahan yang timbul dalam menggunakan metode pemecahan masalah transportasi adalah tidak dipertimbangkannya faktor leadtime, metode pemecahan masalah transportasi hanya berfokus pada minimisasi biaya. Keadaan ini sebenarnya dapat diatasi dengan membuat batas waktu pengiriman yang dilakukan perusahaan kepada customer, yaitu dengan membuat perjanjian leadtime yang telah disepakati kedua belah pihak. Dengan demikian, perusahaan dapat menekan biaya transportasi melalui pengiriman barang yang dilakukan secara *multidesicion* (berbagai tempat tujuan) yang dilakukan oleh beberapa fasilitas transportasi dalam waktu yang bersamaan sekalipun.

SIMPULAN DAN SARAN

Pemenuhan demand yang datang kepada produsen dapat dijalankan dengan lebih efisien jika dilakukan analisa dan pertimbangan terlebih dahulu. Ada kemungkinan demand yang datang dapat dipenuhi dengan 1 kali pengiriman (mempertimbangkan kapasitas pengiriman) atau juga demand yang datang berasal dari konsumen yang sama (satu daerah tujuan). Dari analisa yang dilakukan, demand yang datang ke perusahaan adalah sebanyak 19 pemesanan, dalam jangka waktu 5 hari, oleh 9 konsumen. Setelah dianalisa dengan berbagai metode transportasi, ternyata ongkos pengiriman barang dapat dilakukan dengan pengiriman barang ke beberapa daerah tujuan sebanyak 3 kali pengiriman yang dilakukan oleh beberapa kombinasi armada yang ada dengan tujuan meminimalkan cost. Perusahaan sebaiknya melakukan pengiriman menggunakan armada dengan berorientasi biaya transportasi terendah agar tujuan minimal cost total dapat tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- Hiller, Frederich. S., 2005. Introduction to Operation Research. McGraw Hill.
- Setiawan, T.Arifanto., 1997. Minimisasi Biaya Transportasi dari Pusat ke Cabang dengan Analisa Jaringan (Studi Kasus di PT New Ratna Motor). [tesis]. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Setiawan, A.B. Bahan Kuliah Operation Research Masalah Transportasi. [serial online] [didownload (5 Febuari 2010) dari <http://www.google.co.id/#q=OR+aris+b+setiawan+masalah+transportasi&hl=id&sa=2&fp=1913980769bcba31.>]
- Herawati, Jaka Husein, Heppy Gemeli Quanuari, Indra Mochammad Yusuf., 2010. Research Operational penerapan masalah transportasi [serial online] [di download tanggal 5 juni 2010 dari [<http://www.scribd.com/doc/32733236/Research-Operasional-Penerapan-Masalah-Transportasi>].
- Zulfa, Erna. 1996. Perbandingan Antara Metoda MODI dan Metoda Stepping Stone dalam Menentukan Biaya Transportasi Barang. Universitas Gunadarma, Jakarta.
- Dewi, Dian Retno Sari. 2003. Model Optimasi Penjadwalan Produksi yang Terintegrasi dengan Mempertimbangkan faktor Biaya. Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- Sukarto, Haryono. 2006. Transportasi Perkotaan dan Lingkungan [tesis]. Universitas Pelita Harapan, Tangerang.
- Subagyo, Pangestu, Marwan Asri, Hani Handoko. 2000. Dasar-Dasar Operations Research. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Taha, A. Hamdy. 2007. Operations Research an Introduction. Eight Edition. Prentice Hall.
- Haizer, Jay, Barry Render. 2007. Operation Management. Prentice Hall.
- Haizer, Jay, Barry Render. 2005. Operation Management Manajemen Operasi. Salemba Empat.