

# MODEL PROGRAM DINAMIS UNTUK *LOT SIZE* MULTI ITEM DENGAN KENDALA KAPASITAS GUDANG

Dana Marsetiya Utama<sup>\*)</sup>, Annisa Kesy Garside, Haris Pamungkas

Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang  
Jl. Raya Tlogomas 246, Malang, Jawa Timur 65144 Telp 0341 551253 /Fax 0341 460435

(Received: March 21, 2018/ Accepted: February 5, 2019)

## Abstrak

*Persediaan bahan baku merupakan aktifitas yang penting dalam proses produksi. Pada makalah ini, model mempertimbangkan kuantitas dan periode pemesanan. Dalam model ini, pembeli tunggal membeli beberapa bahan baku dari satu pemasok. Permintaan bahan baku bersifat deterministik dan bervariasi untuk periode waktu. Selain itu, biaya pesan dan biaya simpan untuk periode perencanaan adalah tetap. Kami telah mengembangkan model pemrograman dinamis untuk mengatasi masalah ini. Model pemrograman dinamis ini dikembangkan dari algoritma Wagner-Whitin. Model program dinamis yang diusulkan mempertimbangkan multi item dan kendala kapasitas gudang. Untuk menguji performa dari model, peneliti melakukan beberapa percobaan numerik. Hasil percobaan numerik model pemrograman dinamis usulan menunjukkan total biaya persediaan lebih optimal dibandingkan dengan metode EOQ. Hasil percobaan ini menunjukkan model usulan efektif minimasi total biaya persediaan.*

**Kata Kunci:** *Multi Item; Persediaan; Wagner Whitin; Kendala Gudang; Pemrograman Dinamis*

## Abstract

*Inventory of raw materials is an essential activity in the production process. In this paper, the model considers the quantity and order period. In this model, a single buyer buys several raw materials from one supplier. The demand for raw materials is deterministic and varies for a period of time. Besides, the message costs and save costs for the planning period are fixed. We have developed dynamic programming models to overcome this problem. This dynamic programming model was developed from the Wagner-Whitin algorithm. The proposed dynamic program model considers multi items and warehouse capacity constraints. To test the performance of the model, researchers conducted some numerical experiments. The numerical experimental results of the dynamic programming model suggest that the total inventory cost is more optimal compared to the EOQ method. The results of this experiment indicate the proposed model effectively minimizes the total cost of inventory.*

**Keywords:** *Multi Item; Inventory; Wagner Whitin; Warehouse Constraints; Dynamic Programming*

## 1. Pendahuluan

Bahan baku adalah komponen utama dalam perusahaan untuk menunjang kelancaran proses produksi baik perusahaan besar maupun perusahaan kecil. Persediaan bahan baku di setiap perusahaan harus terlebih dahulu merencanakan berapa jumlah bahan baku yang harus dibeli (Utama, 2016). Persediaan adalah sebuah sumber yang menganggur (*idle resources*) yang

keberadaannya menunggu proses lebih lanjut. Yang dimaksud dengan proses lebih lanjut disini adalah dapat berupa kegiatan produksi seperti dijumpai pada sistem manufaktur atau kegiatan pemasaran seperti yang dijumpai pada sistem distribusi (Bahagia, 2006). Oleh karena itu, manajemen pembelian dan manajemen persediaan telah menjadi dua pengambilan keputusan penting dalam keseluruhan kinerja perusahaan dan biaya operasinya (Moqri, Javadi, & Yazdian, 2011). Setiap jenis persediaan memiliki karakteristik tersendiri dan cara pengelolaan yang berbeda. Persediaan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu Persediaan bahan mentah

---

<sup>\*)</sup> Penulis Korespondensi.  
E-mail: dana@umm.ac.id

(*raw material*), Persediaan komponen – komponen rakitan (*purchased parts/ components*), Persediaan bahan penolong (*supplies*), Persediaan barang dalam proses (*work in process*), Persediaan barang jadi (*finished goods*) (Rangkuti, 2004). Pemesanan bahan baku multi item yang tidak tepat berdampak pada tingkat persediaan perusahaan dan menimbulkan biaya tambahan ataupun keterlambatan produksi (Jaya, Octavia, & Widyadana, 2012). Persediaan bahan baku yang terlalu besar menyebabkan biaya penyimpanan yang harus dikeluarkan oleh perusahaan semakin besar (Mbota, Tantrika, & Eunike, 2015). Persediaan yang optimal merupakan hal harus diperhatikan dalam pengadaan bahan baku (Madinah, Sumantri, & Azlia, 2015).

Pada saat tidak terdapat kendala (*constrain*) dalam sistem inventori, optimasi keseluruhan (*global optimum*) adalah penjumlahan dari optimasi setiap item (*local optimum*), tetapi bila terdapat kendala dalam sistem inventori maka *global optimum* tidak selalu sama dengan agregat *local optimum* (Kusrini, 2005). Terjadinya keterbatasan dalam kapasitas gudang seringkali menyebabkan perusahaan untuk membatasi kuantitas pemesanannya. Sehingga, jumlah item yang tersimpan tidak melebihi kapasitas gudang yang tersedia. Bila perencanaan bahan baku didasarkan untuk meminimasi total biaya persediaan. Perbandingan antara kenaikan biaya dan keuntungan akibat penurunan kuantitas pemesanan akan memungkinkan pihak perusahaan untuk mengevaluasi pembatas yang ada.

Selain itu ada beberapa penelitian yang membahas *lot size* dengan program dinamis yaitu dengan metode Wagner and Whitin (1958). Lebih lanjut, Mbota et al. (2015) dengan menghasilkan total biaya persediaan paling minimum dibandingkan dengan metode *lot size* lainnya. Kemudian, Moqri et al. (2011) melakukan penentuan *supplier* dan penentuan *lot* pemesanan dengan pemrograman dinamis. Lalu, dilakukan pengembangan metode *Wagner-Whitin Algorithm* dengan menambahkan kendala kapasitas gudang dan modal oleh Utama (2016) dan Utama (2017b). Utama (2017a) juga melakukan penelitian pengembangan model untuk penentuan lot pemesanan dengan mempertimbangkan unit diskon dan batasan kapasitas gudang dengan program dinamis. Pengembangan sistem perencanaan persediaan dengan beberapa kendala tersebut menggunakan metode *Lagrange Multiplier* (Haksever & Moussourakis, 2005).

Beberapa penelitian lain yang lebih mendalam tentang program dinamis telah dilakukan oleh peneliti. Chowdhury, Baki, and Azab (2018) memperbaiki algoritma Wagner and Whitin (1958) agar lebih efektif. Fan and Wang (2018) mengembangkan algoritma program dinamis untuk menyelesaikan masalah optimasi lot gabungan dan ukuran gudang. Sargut and Işık (2017) mengembangkan model program dinamis model dengan mempertimbangkan *perishable inventory and capacity constraints*. Xu, Gong, Chu, and Zhang (2017)

mengembangkan model program dinamis untuk *retailers with online channels*. Ghaniabadi and Mazinani (2017) mengembangkan model program dinamis *with multiple suppliers, backlogging and quantity discounts*.

Beberapa penelitian program dinamis telah banyak dilakukan oleh peneliti. Namun, penelitian tentang model program dinamis multi item dengan kendala kapasitas gudang masih belum ditemukan. Oleh karena itu, program dinamis perlu dikembangkan untuk menyelesaikan masalah multi item dengan batasan gudang. Dari beberapa beberapa penelitian yang sudah ada dan dikaitkan dengan masalah perusahaan yang memiliki kendala yaitu kapasitas gudang. Maka dalam penelitian ini mencoba untuk memodifikasi program dinamis metode *Wagner-Whitin Algorithm* dengan menambahkan kendala kapasitas gudang. Dengan dilakukannya penelitian menggunakan modifikasi program dinamis dengan kendala kapasitas gudang dengan menambahkan multi item diharapkan menjadi alternatif dalam menentukan kuantitas dan frekuensi pemesanan bagi perusahaan dan menghasilkan hasil yang optimal.

## 2. Bahan dan Metode

Penelitian yang telah dilakukan ini merupakan pengembangan metode *lot size* dengan kendala kapasitas gudang. Hasil dari pengembangan dilakukan untuk memecahkan masalah tentang minimasi total biaya persediaan dengan kendala kapasitas gudang. Penelitian ini menggunakan modifikasi metode Wagner-Whitin multi item dengan kendala kapasitas gudang. Dan juga antara satuan kuantitas item dengan kapasitas gudang harus sama.

Maksud dari modifikasi dalam penelitian ini adalah melakukan penambahan multi item bahan baku pada metode Wagner-Whitin dengan kendala kapasitas gudang. Awalnya metode Wagner-Whitin dengan kendala kapasitas gudang belum mempertimbangkan apabila sistem *inventorinya* multi item. Hal ini dilakukan karena metode program dinamis dianggap bisa mengurangi total biaya persediaan yang dihasilkan (Utama, 2016) (Bahagia, 2006). Dan untuk metode EOQ multi item dengan kendala kapasitas gudang diuraikan dengan pendekatan matematis dengan metode *Lagrange Multiplier* (Kusrini, 2005).

Algoritma Wagner Whitin ini menggunakan program dinamis dan menghasilkan solusi yang optimal (Tersine, 1994). Pengembangan langkah – langkah dalam pemrograman dinamis multi item dengan kendala kapasitas gudang adalah sebagai berikut.

Memeriksa batasan pada Qce bila *order* dilakukan pada periode c untuk memenuhi permintaan periode c sampai periode e tidak boleh melebihi kapasitas gudang (persamaan 1).

$$\sum_{j=1}^n Qj_{ce} \leq \text{kapasitas gudang} \quad (1)$$

Hitung matriks total biaya variabel (biaya pesan dan biaya simpan) untuk seluruh alternatif order di seluruh horizon perencanaan yang terdiri dari  $N$  periode. Definisikan  $Z_{ce}$  sebagai total biaya variabel (dari  $c$  sampai periode  $e$ ) bila *order* dilakukan pada periode  $c$  untuk memenuhi permintaan periode  $c$  sampai periode  $e$  (persamaan 2).

$$Z_{ce} = \sum_{j=1}^n C_j + h_j \sum_{i=c}^e (Q_{j_{ce}} - Q_{j_{ci}});$$

$$1 \leq c \leq e \leq N \quad (2)$$

Dengan:

- $C_j$  = biaya pesan (Rp./pesan)
- $h_j$  = biaya simpan per unit per periode (Rp./unit/periode)
- $Q_{ce} = \sum_{k=c}^e D_k$
- $D_k$  = permintaan pada periode  $k$
- $c$  = batas awal periode yang dicakup pada pemesanan  $Q_{ci}$
- $e$  = batas maksimum periode yang dicakup pada pemesanan  $Q_{ci}$
- $i = c \leq i \leq e$
- $j$  = item bahan baku

Apabila alternatif pemenuhan *order* melebihi kapasitas gudang ( $Q_{ce} >$  kapasitas gudang), maka menghilangkan variabel  $Z_{ce}$  yang lebih dari kapasitas gudang karena variabel  $Z_{ce}$  tersebut tidak bisa digunakan dalam menentukan pemesanan. Definisikan  $f_e$  sebagai biaya minimum yang mungkin dalam periode 1 sampai periode  $e$ , dengan asumsi tingkat persediaan di akhir periode  $e$  adalah nol. Algoritma mulai dengan  $f_0 = 0$  dan mulai menghitung secara berurutan  $f_1, f_2, \dots, f_N$ . Nilai  $f_e$  adalah nilai biaya dari pemesanan optimal.

$$f_e = \text{Min} \{Z_{ce} + f_{c-1}\}; c = 1, 2, 3, \dots, e \quad (3)$$

### Contoh Perhitungan Numerik

#### Data Rencana Kebutuhan Bahan Baku dan Data Lainnya

Dalam melakukan perencanaan kebutuhan bahan baku *inputan* yang paling dibutuhkan adalah rencana kebutuhan bahan baku dan data lainnya. **Tabel 1** data kebutuhan bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini dan **Tabel 2** merupakan data lainnya dalam mendukung perhitungan total biaya persediaan.

**Tabel 1.** Data Kebutuhan Bahan Baku

Minggu	A (kg)	B (kg)
1	700	120
2	450	90
3	375	75
4	425	85

### Perencanaan Bahan Baku dengan Pemrograman Dinamis Multi Item dengan Kendala Kapasitas Gudang

Pada perencanaan kebutuhan bahan baku dengan Pemrograman Dinamis dengan pengembangan metode Wagner-Within Algorithm biasanya belum mempertimbangkan produk multi item dan kapasitas gudang yang tersedia. Maka, untuk menentukan jumlah dan periode pemesanan dilakukan dengan mempertimbangan kendala kapasitas gudang dengan menggunakan pengembangan model dari program dinamis algoritma WW multi item. Pengembangan pemrograman dinamis multi item dengan kendala kapasitas gudang diharapkan dapat mencari solusi pemecahan untuk perencanaan persediaan bahan baku.

**Tabel 2.** Data Pendukung Perencanaan

Data Pendukung	A	B
<i>Inventory</i> awal	200 kg	20 kg
<i>Lead Time</i>	1 minggu	
Biaya Pesan	Rp. 300.000	Rp. 150.000
Biaya Simpan	Rp. 200	Rp.500
Kapasitas Gudang	1.300 kg	
<i>Safety Stock</i>	100 kg	40 kg

#### a. Matriks Alternatif Pemenuhan Order ( $Q_{ce}$ )

Dalam pembuatan matriks alternatif pemenuhan order dengan cara melakukan pemesanan di periode  $c$  untuk memenuhi kebutuhan A dan B periode  $c$  sampai  $e$ . Matriks pemenuhan pemesanan multi item (tepung terigu dan mentega) pada seluruh horizon perencanaan. Selanjutnya, memeriksa batasan pada pemenuhan *order*  $Q_{ce}$  bila *order* dilakukan pada periode  $c$  untuk memenuhi kebutuhan bahan baku periode  $c$  sampai periode  $e$  tidak boleh melebihi kapasitas gudang.

**Tabel 4.** Alternatif Matriks Pemenuhan *Order* Bahan Baku Multi Item Kendala Kapasitas Gudang

		Permintaan			
		e=1	e=2	e=3	e=4
Produk	A (Tepung)	500	450	375	425
	B (Mentega)	100	90	75	85
Pemenuhan	c=1	600	1050	1425	1850
	c=2		540	915	1340
	c=3			450	875
	c=4				510

Pada **Tabel 5** adalah matriks kuantitas pemesanan multi item (tepung terigu dan mentega) pada seluruh horizon perencanaan dengan menjumlahkan kuantitas pemesanan ( $Q_{ce}$ ). Lalu, memeriksa batasan

pada  $Q_{ce}$  bila order dilakukan pada periode  $c$  untuk memenuhi periode  $c$  sampai periode  $e$  tidak boleh melebihi kapasitas gudang. Pada **Tabel 4** bagian yang diberi warna kuning menunjukkan bahwa alternatif pemenuhan pemesanan ( $Q_{ce}$ ) melebihi kapasitas gudang. Untuk kapasitas gudang sudah dijelaskan pada bagian sebelumnya bahwa kapasitas gudang yaitu 1.300 kg. Selanjutnya, pada perhitungan biaya variabel alternatif pemenuhan pemesanan yang melebihi kapasitas gudang tidak dilakukan.

b. Perhitungan Biaya Variabel

Matriks total biaya variabel (biaya pemesanan dan biaya penyimpanan) untuk seluruh alternatif pemesanan di seluruh horison perencanaan. Alternatif pemenuhan pemesanan ( $Q_{ce}$ ) dapat dilihat pada **Tabel 5** untuk tepung terigu dan mentega. Definisikan  $Z_{ce}$  sebagai ongkos total variabel pada periode  $c$  sampai periode  $e$  sebagai akibat melakukan pemesanan pada periode  $c$  yang akan memenuhi periode  $c$  sampai periode  $e$ .

Pada **Tabel 5** menunjukkan total biaya variabel bahan baku tepung terigu dan mentega yang dihasilkan berdasarkan pemenuhan pemesanan pada seluruh horison perencanaan. Pada kolom yang berwarna kuning menunjukkan alternatif pemenuhan pemesanan ( $Q_{ce}$ ) melebihi kapasitas gudang. Sehingga untuk perhitungan total biaya variabel tidak dilakukan karena alternatif pemesanan tersebut tidak akan dipenuhi.

**Tabel 5.** Biaya Variabel Bahan Baku Permintaan

		Permintaan			
		e=1	e=2	e=3	e=4
		600	540	450	510
Pemenuhan	c=1	450000	58500 0		
	c=2		45000 0	56250 0	
	c=3			45000 0	57750 0
	c=4				45000 0

c. Perhitungan Biaya Minimum

Langkah berikutnya adalah menghitung  $f_e$  sebagai biaya minimum yang mungkin dalam periode 1 sampai periode  $e$  dalam perencanaan. Mendefinisikan bahwa nilai  $f_e$  untuk menjadi biaya yang paling minimum yang dapat diperoleh pada periode pertama melalui  $e$ . Sehingga algoritma ini akan mulai dengan  $f_0 = 0$  dan akan menghitung  $f_N$  dengan dari  $f_0$ . Dengan asumsi bahwa tingkat persediaan akhir adalah sejumlah *safety stock* yang telah ditentukan pada tabel 2. Pada tabel 6 merupakan hasil perhitungan biaya minimum

yang dapat dilihat dan dapat dihitung. Dan pada tabel 7 merupakan hasil perhitungan nilai  $f_e$ .

**Tabel 6.** Matriks Biaya Minimum

		Permintaan			
		e=1	e=2	e=3	e=4
		600	540	450	510
Pemenuhan	c=1	450000	585000		
	c=2		900000	1012500	
	c=3			1035000	1162500
	c=4				1462500
	$F_e$	450000	585000	1012500	1162500

**Tabel 7.** Hasil Perhitungan Biaya Minimum

$f_e$	Hasil Perhitungan
$f_0$	0
$f_1$	450000 untuk $Z_{1-1} + f_0$
$f_2$	585000 untuk $Z_{1-2} + f_0$
$f_3$	1012500 untuk $Z_{1-3} + f_0$
$f_4$	1162500 untuk $Z_{3-4} + f_2$

d. Penentuan Periode pemesanan dan Jumlah Pemesanan

Langkah ini adalah untuk menjabarkan hasil optimal pada **Tabel 7** ke dalam ukuran lot pemesanan dan periode pemesanannya (*plan order release*). Pemesanan dilakukan pada periode 3 untuk memenuhi permintaan pada periode 3 dan 4 yaitu sebesar 800 kg tepung terigu (A) dan 160 kg mentega (B). Pemesanan dilakukan pada periode 1 untuk memenuhi permintaan pada periode 1 dan 2 yaitu sebesar 950 kg tepung terigu dan 190 kg mentega

**3. Hasil dan Pembahasan**

**Perencanaan Bahan Baku dengan Metode EOQ multi item dengan Kendala Kapasitas Gudang**

Sebelum dilakukan penyelesaian masalah persediaan ini dengan metode EOQ multi item dengan kendala kapasitas gudang, maka akan dilakukan penyelesaian tanpa kendala. Setelah diketahui nilai EOQ masing-masing item produk, maka nilai EOQ tersebut disubstitusikan ke dalam *konstrain*. Jika hasil perhitungan memuaskan, maka tidak perlu diselesaikan dengan menghitung  $Q^*$  multi item. Namun, jika hasil perhitungan tidak memuaskan, maka dilakukan penyelesaian melalui menghitung  $Q^*$  multi item.

Menentukan periode pesan ulang ( $N$ ) untuk kasus multi item dengan persamaan dengan persamaan 1.

Dengan pembatas:

$$Q_1 + Q_2 \leq 1000$$

$$Q_j \geq 0$$

Untuk menyelesaikan model di atas, hitung besarnya pemesanan optimum kemudian periksa apakah dengan pemesanan optimal kendala kapasitas gudang terpenuhi. Jika kendala kapasitas gudang terpenuhi maka pemesanan optimum akan menjadi pemesanan optimum pada sistem *inventori*, jika tidak metode *lagrange* atau teknik LIMIT akan digunakan untuk menghitung jumlah pemesanan optimum untuk memenuhi kendala kapasitas gudang.

Pada **Tabel 8**, Berisi tentang jumlah pemesanan optimum yang dihitung dengan dan kapasitas gudang yang diperlukan. Jumlah pemesanan optimum untuk masing – masing nilai  $Q_j^*$  yang didapatkan dengan faktor W/E. Hal ini mengimplikasikan bahwa jumlah pemesanan harus dikurangi dengan faktor yang sama jika terdapat kelebihan kebutuhan terhadap kapasitas gudang yang tersedia.

**Tabel 8.** Kuantitas Pemesanan Optimum dan Kebutuhan Luas Gudang

Bahan Baku	A	B
Kebutuhan Selama Periode Perencanaan (kg)	1.350	370
Periode Perencanaan (minggu)	4	4
Biaya Pesan (Rp)	300.000	150.000
Biaya Simpan (Rp)	200	500
Lead Time (minggu)	1	1
Periode Pesan Ulang (N) (kali)	0,71	0,71
Tingkat Penambahan Persediaan (Q) (kg)	1.901	521
Waktu Dalam Siklus Pesanan Ulang (minggu)	5,63	5,63
Tingkat Penambahan Persediaan dengan Metode Lagrange ( $Q^*$ ) (kg)	1020	280

#### Skema Kasus Lain

Dengan skema kasus lain, kami mencoba beberapa data dengan menggunakan metode EOQ multi item dengan kendala kapasitas gudang dan pemrograman dinamis multi item dengan kendala kapasitas gudang. Data – data tersebut disajikan pada **Tabel 8** sebagai berikut. Untuk data biaya simpan dan biaya pesan sama dengan biaya simpan dan pesan pada **Tabel 1**.

**Tabel 9.** Data dalam Berbagai Skema Kasus

Skema Kasus	Periode	Rata Demand	Total Demand	Kapasitas Gudang
1	4	525	2100	1300 kg
2	8	795	360	2400 kg
3	12	787	9445	3500 kg
4	16	900	14405	3500 kg

Berdasarkan **Tabel 9**, yang telah disajikan, hasil total biaya persediaan dengan menggunakan metode

EOQ multi item dengan kendala kapasitas gudang dan pemrograman dinamis multi item dengan kendala kapasitas gudang ditunjukkan pada **Tabel 10**. Hasil perhitungan total biaya persediaan berdasarkan biaya variabel yaitu biaya simpan dan biaya pesan.

**Tabel 10.** Total Biaya Persediaan

Periode	EOQ	Program Dinamis	Persentase Pengurangan Biaya
4	Rp 1.430.000	Rp 1.332.500	6,81 %
8	Rp 3.604.200	Rp 2.802.500	22,24 %
12	Rp 6.687.200	Rp 4.045.000	39,51 %
16	Rp10.770.100	Rp 5.917.500	45,05 %

#### 4. Kesimpulan

Kami telah menampilkan hasil dari pembeli tunggal membeli beberapa produk dari satu *supplier* dan masalah penentuan kuantitas dan periode pemesanan dengan permintaan deterministik dan biaya simpan dan pesan tetap. Permintaan produk tidak konstan dan bervariasi dalam periode waktu yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian kami, jika dibandingkan dengan metode EOQ multi item dengan kendala kapasitas gudang, penggunaan pemrograman dinamis multi item dengan kendala kapasitas gudang ini jauh lebih baik. Hal ini dibuktikan pada hasil perhitungan total biaya yang dihasilkan pada kedua metode. Usulan untuk penelitian selanjutnya adalah agar bisa memeperimbangkan kendala lainnya seperti diskon, investasi dan juga terjadinya kekurangan persediaan (*stockout*) yang mungkin bisa menjadi alternatif dalam pengambilan keputusan dan informasi yang akurat bagi seluruh aspek di perusahaan.

#### 5. Daftar Pustaka

- Bahagia, S. N. (2006). Sistem Inventori (1 ed.). Bandung: Insitut Teknologi Bandung.
- Chowdhury, N. T., Baki, M. F., & Azab, A. (2018). Dynamic Economic Lot-Sizing Problem: A new O(T) Algorithm for the Wagner-Whitin Model. *Computers & Industrial Engineering*, 117, 6-18. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.01.010>
- Fan, J., & Wang, G. (2018). Joint optimization of dynamic lot and warehouse sizing problems. *European Journal of Operational Research*, 267(3), 849-854. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.12.019>
- Ghaniabadi, M., & Mazinani, A. (2017). Dynamic lot sizing with multiple suppliers, backloging and quantity discounts. *Computers & Industrial Engineering*, 110, 67-74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.05.031>
- Haksever, C., & Moussourakis, J. (2005). A model for optimizing multi-product inventory systems with

- multiple constraints. *International Journal of Production Economics*, 97(1), 18-30.
- Jaya, S. S., Octavia, T., & Widyadana, I. G. A. (2012). Model Persediaan Bahan Baku Multi Item dengan Mempertimbangkan Masa Kadaluwarsa, Unit Diskon dan Permintaan yang Tidak Konstan *Jurnal Teknik Industri*, 14, 97-106.
- Kusrini, E. (2005). Sistem Persediaan Multi Item dengan Kendala Investasi dan Luas Gudang. *Jurnal Teknoin*, 10(2).
- Madinah, W. N., Sumantri, Y., & Azlia, W. (2015). Penentuan Metode Lot Sizing Pada Perencanaan Pengadaan Bahan Baku Kikir Dan Mata Bor (Studi Kasus: PT X, Sidoarjo). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 3(3), p505-515.
- Mbota, H. K. W., Tantrika, C. F. M., & Eunike, A. (2015). Perencanaan Persediaan Bahan Baku Dan Bahan Bakar Dengan Dynamic Lot Sizing (Studi Kasus: PT Holcim Indonesia Tbk, Tuban Plant). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 3(1), p178-188.
- Moqri, M., Javadi, M., & Yazdian, A. (2011). Supplier selection and order lot sizing using dynamic programming. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 2(2), 319-328.
- Rangkuti, F. (2004). *Manajemen Persediaan* (6 ed.). Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Sargut, F. Z., & Işık, G. (2017). Dynamic economic lot size model with perishable inventory and capacity constraints. *Applied Mathematical Modelling*, 48, 806-820. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2017.02.024>
- Tersine, R. J. (1994). *Principles Of Inventory Aand Materials Management*. US: Prentice Hall International Edition.
- Utama, D. M. (2016). Penentuan Lot Size Pemesanan Bahan Baku Dengan Batasan Kapasitas Gudang. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 15(1), 64-68.
- Utama, D. M. (2017a). Model Penentuan Lot Pemesanan Dengan Mempertimbangkan Unit Diskon dan Batasan Kapasitas Gudang dengan Program Dinamis. *Jurnal Teknik Industri*, 18(1), 94-102.
- Utama, D. M. (2017b). Model Program Dinamis Dalam Penentuan Lot Pemesanan dengan Mempertimbangkan Batasan Modal. Paper presented at the Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa).
- Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (1958). Dynamic version of the economic lot size model. *Management Science*, 5(1), 89-96.
- Xu, H., Gong, Y., Chu, C., & Zhang, J. (2017). Dynamic lot-sizing models for retailers with online channels. *International Journal of Production Economics*, 183, 171-184. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.10.020>