

# MODEL PERMAINAN STACKELBERG UNTUK SATU PEMASOK, SATU PEMBELI DAN BANYAK FREKUENSI PENGIRIMAN

Nyoman Sutapa<sup>1</sup>, I Gede Agus Widyadana<sup>2</sup>, Jani Rahardjo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Ekonomi Universitas Kristen Petra

<sup>2</sup>Teknik Industri Universitas Kristen Petra

## Abstrak

Banyak penelitian telah menunjukkan bahwa penjual dan pembeli akan menghasilkan manfaat rantai pasok yang lebih besar jika mereka melakukan integrasi dan pengambilan keputusan secara bersama-sama. Pada kenyataannya sangat sulit bagi penjual dan pembeli mengambil keputusan secara bersama-sama. Pada penelitian ini model permainan Stackelberg akan dibuat antara satu penjual and satu pembeli dengan mempertimbangkan jumlah frekuensi pengiriman yang bisa lebih dari satu kali. Pihak penjual berusaha meminimumkan biaya persediaan dengan menentukan jumlah yang diproduksi sedangkan pihak pembeli berusaha meminimumkan biaya persediaan dengan menentukan berapa jumlah dalam sekali kirim. Sebuah contoh perhitungan disajikan untuk menunjukkan bagaimana model bekerja dan didapatkan hasil jika penjual sebagai pemimpin dalam model permainan ini akan mendapatkan biaya yang lebih kecil dibandingkan dengan model integrasi. Oleh sebab itu pada model rantai pasok dimana satu pemain lebih dominan, model integrasi lebih sulit diterapkan.

**Kata kunci** : persediaan, Stackelberg, frekuensi pengiriman, rantai pasok

## Pendahuluan

Penelitian maupun aplikasi mengenai rantai pasok terus berkembang disebabkan oleh keuntungan yang diperoleh oleh pemain dalam rantai pasok saat mereka menerapkan prinsip-prinsip rantai pasok. Salah satu prinsip yang dipakai dalam rantai pasok adalah adanya integrasi antar pemain dalam rantai pasok. Keuntungan adanya kerjasama dan integrasi antar pemain dalam rantai pasok antara lain ditunjukkan oleh Banerjee (1986) dan Ben-Daya dan Hariga (2004).

Beberapa penelitian lain lebih rinci lagi dalam melihat model kerjasama antara satu penjual dan satu pembeli seperti yang dilakukan oleh Goyal dan Nebebe (2000). Beberapa peneliti mengembangkan model satu penjual dan satu pembeli dengan mempertimbangkan beberapa faktor lainnya seperti batasan kapasitas alat angkut (Hoque dan Goyal, 2000), biaya transportasi (Ertogral dkk, 2007), proses yang tidak handal (Huang, 2004), memperkecil jumlah sekali kirim dan memperbanyak frekuensi pengiriman (Kim dan Ha, 2004; Nieuwenhuysen dan Vandaele, 2006), jumlah produk yang lebih dari satu (Pasandideh dan Niaki, 2008) and jumlah permintaan yang menurun (Omar, 2009).

Pada penelitian ini, dikembangkan satu model produksi-persediaan untuk satu penjual dan satu pembeli dimana pembeli dan penjual tidak saling bekerja sama tetapi saling berusaha untuk meminimumkan biaya masing-masing pemain. Model yang dikembangkan akan menggunakan model permainan Stackelberg. Pada model permainan Stackelberg, satu pemain yang memimpin permainan akan mengambil keputusan untuk mengoptimalkan tujuannya. Keputusan yang diambil akan direaksi oleh pemain yang lain yang juga berusaha mengoptimalkan tujuannya. Model permainan Stackelber oleh beberapa penelitian seperti Zhen dkk (2006) dan Zhiyu dan Chen (2007) dinyatakan lebih tepat digunakan dalam aplikasi nyata.

## Pengembangan model

Model yang dikembangkan menggunakan asumsi, variable keputusan dan parameter sebagai berikut.

Asumsi:

- a. Hanya mempertimbangkan satu pemasok dan satu pembeli
- b. Waktu persiapan mesin dan transportasi diabaikan

- c. Tingkat permintaan konstan dan jangka waktu perencanaan tak hingga
- d. Semua biaya diketahui dan konstan
- e. Pembeli membayar biaya transportasi

Variable Keputusan:

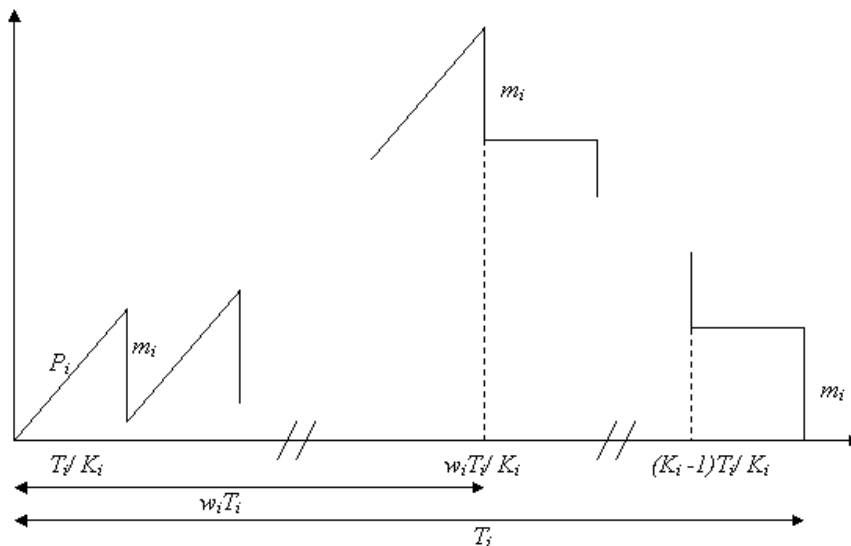
- $K$  jumlah pengiriman selama periode  $T_n$  (pembeli)
- $Q$  Jumlah pemesanan total unit/pesan (penjual)

Parameter:

- $T$  waktu siklus
- $T_N$  Waktu produksi
- $T_d$  Waktu di luar produksi
- $w$  jumlah pengiriman selama waktu produksi
- $P$  tingkat produksi, unit/tahun
- $D$  tingkat permintaan pembeli, unit/tahun
- $A$  Biaya pemesanan pembeli, \$/pesan
- $A_v$  Biaya persiapan produksi penjual, \$/siklus
- $c_t$  biaya transportasi pembeli, \$/ kirim
- $h_v$  Biaya penyimpanan penjual, \$/unit/tahun
- $h$  biaya penyimpanan pembeli, \$/unit/tahun
- $TBUC$  Biaya total pembeli
- $TVUC$  biaya total penjual

Model persediaan penjual dapat dilihat di Gambar 1. Vendor memproduksi produk selama  $wT_N/K$  periode dan mengirimkan  $m$  unit setiap kali pengiriman dimana  $m=Q/K$ . Jumlah produk yang diproduksi oleh penjual selama satu waktu siklus adalah:

$$Q = wP \frac{T_N}{K} \tag{1}$$



Gambar 1. Model persediaan penjual

Merujuk pada Wang dan Sarker (2006), model persediaan rata-rata dalam satu siklus dapat dimodelkan sebagai berikut:

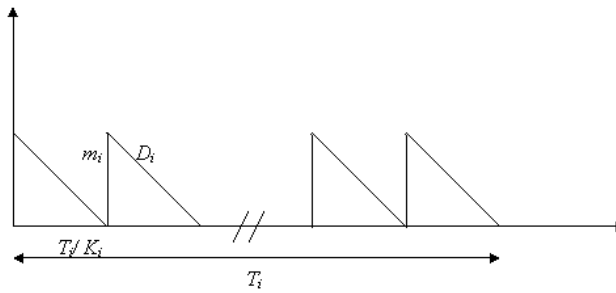
$$I_T = \frac{q^2 K(K - w + 1)}{2D} \quad (2)$$

Biaya total penjual terdiri dari biaya persiapan produksi dan biaya penyimpanan. Biaya total penjual dalam satu siklus produksi dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TVUC = \frac{A_v D}{Q} + \frac{h_v m(K - w + 1)}{2} \quad (3)$$

Tingkat persediaan pembeli dapat digambarkan seperti pada Gambar 2. Saat tingkat persediaan sudah habis, pembeli melakukan permintaan pengiriman sebesar  $m$  unit. Total biaya pembeli terdiri dari biaya pemesanan, biaya transportasi, dan biaya persediaan. Model total biaya persediaan pembeli bisa dinyatakan seperti pada persamaan (4):

$$TBUC = \frac{AD}{Q} + \frac{c_t KD}{Q} + \frac{hm}{2} \quad (4)$$



Gambar 2. Model persediaan pembeli

Waktu siklus dapat dimodelkan dengan:

$$T_N = \frac{mK}{D} \quad (5)$$

Menggunakan persamaan (1) dan (5), didapat nilai  $w$  dengan persamaan:

$$w = \frac{KD}{P} \quad (6)$$

Substitusi persamaan (6) ke persamaan (3) diperoleh:

$$TVUC = \frac{A_v D}{Q} + \frac{h_v m(K - \frac{KD}{P} + 1)}{2} \quad (7)$$

Penjual sebagai pemimpin berusaha memaksimalkan keuntungan terlebih dahulu. Keuntungan maksimal berdasarkan ketentuan berapa jumlah produksi optimal yang harus dibuat dapat dicari dengan menghitung turunan dari  $TVUC$  terhadap  $Q$ , dan didapat:

$$\frac{dTVUC}{dQ} = -\frac{A_v D}{Q^2} + \frac{h_v (K - \frac{KD}{P} + 1)}{2K} = 0 \quad (8)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2A_v DKP}{h_v (P - k(P - D))}} \quad (9)$$

Substitusi persamaan (9) ke dalam persamaan (4) didapat:

$$TBUC = \frac{AD}{\sqrt{\frac{2A_vDKP}{h_v(P-k(P-D))}}} + \frac{c_tKD}{\sqrt{\frac{2A_vDKP}{h_v(P-k(P-D))}}} + \frac{h\sqrt{\frac{2A_vDKP}{h_v(P-k(P-D))}}}{2K} \quad (10)$$

Nilai  $K$  adalah nilai diskrit, maka penyelesaian dapat menggunakan metode langkah-langkah penyelesaian seperti berikut:

1. Tetapkan nilai  $K = 1$
2. Hitung total biaya pembeli dengan memasukan nilai  $K$  pada persamaan (10)
3. Hitung total biaya pembeli dengan memasukan nilai  $K+1$  pada persamaan (10)
4. Jika  $TBUC(K+1)$  lebih besar dari  $TBUC(K)$ , maka berhenti dan didapat  $K^* = K$ , jika tidak maka tetapkan  $K = K + 1$  dan kembali ke langkah 2.

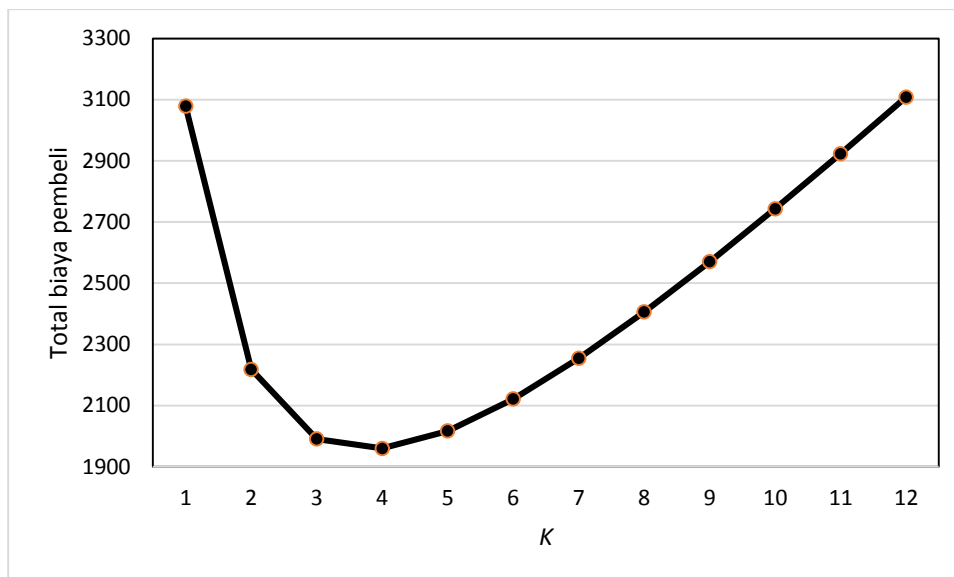
### Contoh perhitungan

Pada bagian ini, satu contoh perhitungan ditunjukkan untuk membuat ilustrasi dari model yang sudah dibangun. Nilai dalam contoh perhitungan ini menggunakan nilai yang sama dengan Kim and Ha (2003). Ditetapkan tingkat produksi  $P = 19.200$  unit/tahun, tingkat permintaan  $D = 4.800$  unit/tahun, biaya persiapan produksi penjual  $A_v = \$600$ /siklus, biaya pemesanan pembeli  $A = \$25$ /pesanan, biaya penyimpanan penjual  $h_v = \$6$ /unit/tahun, biaya penyimpanan pembeli  $h = \$7$ /unit/tahun, dan biaya transportasi  $c_t = \$50$ /kirim. Hasil perhitungan menggunakan data ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan model Stackelberg

$K$	$Q^*$	$TVUC$ (\$)	$TBUC$ (\$)	$TVUC+TBUC$ (\$)
1	740,66	7776,89	3078,35	10855,24
2	876,36	6572,67	2218,28	8790,95
3	941,36	6118,82	1990,58	8109,4
<b>4</b>	<b>979,80</b>	<b>5878,78</b>	<b>1959,60</b>	<b>7838,38</b>
5	1005,25	5729,92	2016,78	7746,70

Tabel 1 menunjukkan bahwa biaya total optimal yang didapatkan oleh pembeli adalah pada saat jumlah pengiriman sejumlah 4 kali dengan biaya sebesar \$1959,6. Tingkat produksi optimal  $Q^*$  adalah sebesar 979,80, biaya total penjual sebesar \$5878,78 dan biaya total penjual dan pembeli adalah sebesar \$7838,38. Total biaya pembeli untuk nilai  $K$  dari 1 hingga 12 dapat dilihat di Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan bahwa langkah-langkah perhitungan yang digunakan memiliki satu nilai solusi optimal dalam ruang solusi yang ada.



Gambar 3. Total biaya pembeli

Sementara jika penjual dan pembeli melakukan kerjasama dalam membuat keputusan maka diperoleh jumlah pengiriman optimal ( $K^*$ ) sebesar 6 kali pengiriman, biaya total penjual sebesar \$ 5669,24, biaya total pembeli sebesar \$2024,91 dan biaya rantai pasok yaitu biaya total penjual dan pembeli adalah sebesar \$7694,15. Hasil tersebut menunjukkan bahwa biaya rantai pasok lebih kecil saat penjual dan pembeli berusaha untuk mengoptimalkan keuntungan masing-masing. Penjual yang di dalam model Stakelberg berlaku sebagai pemimpin keputusan memperoleh biaya yang lebih kecil saat berusaha mengoptimalkan keuntungan masing-masing dibandingkan saat keputusan diambil bersama. Pembeli sebagai pengikut, mendapatkan kerugian dalam hal ini. Hasil ini menunjukkan mengapa pada dunia nyata, pelaku rantai pasok yang punya posisi tawar lebih tinggi dan oleh sebab itu mampu bertindak sebagai pemimpin dalam pengambilan keputusan memiliki kecenderungan enggan untuk bekerja sama dalam satu jalur rantai pasok. Jika dilihat secara keseluruhan, kerjasama bisa menghasilkan biaya rantai pasok yang lebih kecil.

### Kesimpulan

Penelitian ini telah membangun satu model permainan Stackelberg antara penjual dan pembeli dimana penjual berlaku sebagai pemimpin pengambilan keputusan dan pembeli berlaku sebagai pengikut. Satu contoh perhitungan disajikan untuk menunjukkan bagaimana model bekerja dan bagaimana perbandingan hasil antara model permainan Stackelberg dengan pengambilan keputusan secara kerjasama. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jika penjual dan pembeli melakukan kerjasama dalam pengambilan keputusan, maka didapatkan biaya rantai pasok yang lebih kecil dibandingkan jika masing-masing berusaha mengoptimalkan keputusannya. Biaya optimal yang diperoleh penjual sebagai pemimpin lebih kecil dari pada biaya saat keputusan dilakukan secara bersama-sama, oleh sebab itu mengapa pada realitas sangat sulit dilakukan keputusan bersama jika salah satu pihak lebih dominan dibandingkan pihak yang lain. Penelitian ini bisa dikembangkan lebih lanjut dengan model pembeli sebagai pemimpin atau memperhatikan faktor lain seperti kehilangan penjualan, permintaan yang tidak pasti ataupun produk yang berkurang nilai atau jumlahnya seiring dengan waktu.

### Ucapan terima kasih

Penelitian ini bisa terlaksana dengan menggunakan dana hibah Penelitian Fundamental Dirjen Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, Nomor DIPA 023.04.2.415015/2014 tanggal 05 Desember 2013

### **Daftar pustaka**

- Banerjee, A., 1986. A joint economic lot size model for purchaser and vendor, *Decision Sciences*, 17, 292-311.
- Ben-Daya M., and Hariga M., 2004. Integrated single vendor single buyer model with stochastic demand and variable lead time, *International Journal of Production Economics*, 92, 75-80.
- Ertogral K., Darwish M., and Ben-Daya M., 2007. Production and shipment lot sizing in a vendor-buyer supply chain with transportation cost, *European Journal of Operational Research*, 176, 1592-1606.
- Goyal S.K., and Nebebe F., 2000. Determination of economic production-shipment policy for a single-vendor-single-buyer system, *European Journal of Operational Research*, 121, 175- 178.
- Hoque M.A., and Goyal S.K., 2000. An optimal policy for a single-vendor single-buyer integrated production-inventory system with capacity constraint of the transport equipment, *International Journal of Production Economics*, 65, 305-315.
- Huang C.K., 2004. An optimal policy for a single-vendor single-buyer integrated production-inventory problem with process unreliability consideration, *International Journal of Production Economics*, 91, 91-98.
- Kim S.L. and Ha D. 2003. A JIT lot-splitting model for supply chain management: Enhancing buyer-supplier linkage, *International Journal of Production Economics*, 86, 1-10.
- Nieuwenhuysse I.V. and Vandaele N., 2006. The impact of delivery lot splitting on delivery reliability in a two-stage supply chain, *International Journal of Production Economics*, 104, 694-708.
- Omar M., 2009. An integrated equal-lots policy for shipping a vendor's final production batch to a single buyer under linearly decreasing demand, *International Journal of Production Economics*, 118, 185-188.
- Pasandideh S.H.R and Niaki S.T.A, 2008. A genetic algorithm approach to optimize a multi-products EPQ model with discrete delivery orders and constrained space, *Applied Mathematics and Computation*, 195, 506-514.
- Wang A, and B.R. Sarker, Optimal models for a multi-stage supply chain system controlled by kanban under just-in-time philosophy, *European Journal of Operational Research*, Vol. 172, pp. 179-200, 2006.
- Zhen, L., Xiaoyuan H., and Shizheng G.. 2006. The study on Stackelberg game of supply chain coordination with uncertain delivery, *International Conference on Service Systems and Service Management* 2, 1460 – 1465.
- Zhiyu, T., Chen X. 2007. Study on supplier pricing model based on Stackelberg game, *International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing* 4726 – 4729.