

ANALISIS PERBANDINGAN METODE PENGUKURAN FENOMENA *BULLWHIP EFFECT* PADA SUPPLY CHAIN

Farham HM Saleh

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Jogjakarta

Telp. (0274) 886417, HP: 0815 719 5466

e-mail: farham@fti.uui.ac.id

Abstract

Bullwhip effect is the phenomenon in which information on demand is distorted while moving upstream along supply chain that cause variance of demand is amplified. Some method have been proposed to identification and measure the bullwhip effect. Luong [2007] and Luong and Phien [2007] proposed the ratio of order demand and customer demand variances, while Fransoo dan Wouters [2003] proposed the ratio of coefficient of variance. This research is to analyze the robustness of both method, for two demand pattern and the variation of data numbers. This research recommended to use the Fransoo dan Wouters [2003]'s method for the bullwhip effect identification.

Keywords: bullwhip effect, analyze, robustness

PENDAHULUAN

Pertimbangan penataan suatu mata rantai bisnis (*business supply chain*) dengan para suplier menyediakan bahan baku untuk para produsen (*manufacturers*), produsen memproduksi produk yang dikirimkan ke para agen (*wholesalers*), yang menyediakan produk untuk dijual ke para pengecer (*retailers*). Selanjutnya dari para pengecer dijual ke konsumen (*customers*). Pada mata rantai bisnis tersebut, secara fisik produk mengalir *downstream* dari suplier sampai ke retailer. Selain itu secara *upstream* dari konsumen sampai ke suplier mengalir informasi tentang kebutuhan konsumen akan produk. Dalam mata rantai bisnis tersebut hanya pengecer yang mempunyai informasi yang relatif pasti tentang kuantitas kebutuhan konsumen, sedangkan para agen, produsen dan suplier mendapatkan informasi tidak langsung tentang kuantitas kebutuhan konsumen.

Dalam supply chain, pengecer menggunakan metode peramalan tertentu dan mungkin kebijakan inventory untuk menentukan kuantitas produk yang akan disediakan untuk periode waktu berikutnya. Hal yang sama dapat terjadi sepanjang supply chain sampai pada produsen yaitu menggunakan metode peramalan tertentu atau kebijakan inventory untuk menentukan kuantitas produk yang harus disediakan. Hal ini memungkinkan secara upstream terjadi variabilitas kuantitas produk yang disediakan semakin besar. Fenomena bertambahnya variabilitas kuantitas produk yang disediakan secara *upstream* sepanjang *supply chain*, dinamakan bullwhip effect [Luong dan Phien, 2007].

Bullwhip effect disebabkan oleh berbagai faktor. Beberapa peneliti antara lain Luong [2007], Luong dan Phien [2007] serta Ozelkan dan Cakanyildirin [2007] mengemukakan bahwa terdapat lima faktor utama sebagai penyebab *bullwhip effect* yaitu peramalan permintaan (*demand forecasting*), tenggang waktu pemenuhan pesanan (*non-zero lead time*), ukuran pemesanan (*order batching*), kekurangan suplai atau persediaan (*supply shortages*), dan fluktuasi harga (*price fluctuations*).

Para pengecer menggunakan metode peramalan tertentu atau kebijakan inventory untuk menetapkan kuantitas produk yang akan disediakan dan kuantitas produk inilah yang informasinya sampai ke agen. Kejadian seperti ini dapat terjadi sepanjang *supply chain* sehingga dapat terjadi BE.

Banyak produk manufaktur yang memerlukan waktu pemesanan (*lead time*) terlebih dahulu sebelum produk tersebut dapat digunakan atau diperdagangkan. Lama waktu pemesanan produk sangat bervariasi, bergantung pada jenis produk dan berbagai faktor lainnya. Misalnya mobil, untuk tipe tertentu dapat langsung dibeli di agen atau pengecer tetapi untuk tipe yang lain dengan merk yang sama, memerlukan waktu berbulan-bulan untuk dapat memilikinya. Adanya tenggang waktu pemesanan menyebabkan agen atau pengecer melakukan perkiraan atau peramalan untuk kebutuhan di masa datang.

Dalam melakukan pemesanan produk misalnya dari agen pada produsen, kuantitas produk yang dipesan (*order batching*) dapat bervariasi bergantung pada perkiraan akan permintaan dari pengecer atau terjadi

fluktuasi kuantitas pemesanan. Kadang-kadang juga terjadi pada waktu tertentu pesan tetapi pada waktu berikutnya tidak pesan. Hal seperti ini jelas menimbulkan ketidakpastian, yang berdampak pada terjadinya kelebihan atau kekurangan persediaan. Selain itu untuk produk tertentu, harus dipesan dalam satuan *batch* tertentu, misalnya lusin, kodi atau kontainer. Karena harus dipesan dalam satuan *batch* tertentu, maka jumlah unitnya dapat terjadi kekurangan ataupun kelebihan sehingga jelas bahwa *order batching* dapat menimbulkan BE.

Dua terakhir penyebab utama terjadinya BE adalah kekurangan suplai atau persediaan dan fluktuasi harga. Kekurangan suplai atau persediaan telah secara implisit dijelaskan pada tiga faktor sebelumnya. Fluktuasi harga suatu produk dapat berdampak pada keputusan tentang jumlah produk yang harus disediakan untuk diperdagangkan karena dari sisi konsumen fluktuasi harga dapat mempengaruhi keputusan membeli, menunda membeli atau tidak membeli. Ketidakpastian kuantitas produk yang disediakan sebagaimana dijelaskan sebelumnya dapat berdampak pada munculnya BE.

Bullwhip effect merupakan salah satu hal dalam *supply chain* yang banyak menarik minat peneliti dalam beberapa decade terakhir [Luong, 2007]. Beberapa penelitian tentang *bullwhip effect* dalam dua tahun terakhir dilakukan antara lain oleh Luong [2007], Luong dan Phien [2007], Ozcelkan dan Cakanyildirim [2007], Dhahri dan Chabchoub [2007], Hsieh, Chen dan Shen [2007], Agrawal, Sengupta dan Shanker [2007], Ouyang [2007] serta Ouyang dan Daganzo [2008]. Lingkup penelitian yang mereka lakukan adalah formulasi pengukuran *bullwhip effect* (BE) untuk *demand process* autoregresi orde 1 [Luong, 2007] yang biasa ditulis AR(1) dan untuk *demand process* autoregresi orde yang lebih tinggi [Luong dan Phien, 2007], yang biasa ditulis AR(p). Dhahri dan Chabchoub [2007] mengembangkan model *nonlinier goal programming* dengan basis parameter ARIMA untuk menguatifisir BE; Hsieh, Chen dan Shen [2007] mengembangkan model untuk mengestimasi *bootstrap confidence interval* dari BE serta Ouyang dan Daganzo [2008] mengembangkan model *robust test* untuk BE pada kondisi *stochastic dynamics*.

Untuk mengidentifikasi dan mengukur BE, Luong [2007] serta Luong dan Phien [2007] menggunakan rasio variansi (variansi adalah kuadrat dari standar deviasi), sedangkan Fransoo dan Wouters [2003] serta Zabidi [2003] menggunakan rasio koefisien variansi. Kedua metode inilah yang akan dianalisis dalam makalah ini, dengan menggunakan data yang telah tersedia. Tujuan analisis adalah untuk membandingkan kedua metode pengukuran tersebut agar dapat dipilih metode yang lebih tepat digunakan.

METODE PENGUKURAN BULLWHIP EFFECT

Munculnya variasi yang kecil dari demand pada sisi konsumen dapat menyebabkan variasi yang besar demand pada sisi suplier, sehingga dapat terjadi *bullwhip effect*. Luong [2007] serta Luong dan Phien [2007] mengusulkan untuk mengidentifikasi dan mengukur *bullwhip effect* (BE) pada setiap chain dengan mencontohkan *chain retailer-customer*, menggunakan rasio variansi seperti berikut

$$: BullwhipEffect = \frac{\text{the variance of retailer demand}}{\text{the variance of customer demand}}$$

atau

$$Bullwhip \ Effect = \frac{\left[\frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{n - 1} \right]_{\text{retailer}}}{\left[\frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{n - 1} \right]_{\text{customer}}}$$

(1)

dengan:

D_i : demand pada periode i (data ke- i), $i=1,2,3, \dots, n$

\bar{D} : demand rata-rata

n : jumlah data

Luong [2007] serta Luong dan Phien [2007] mengemukakan bahwa BE terjadi jika rasio > 1 dan tidak terjadi jika rasio ≤ 1 .

Selanjutnya Fransoo dan Wouters [2003] mengusulkan menggunakan rasio koefisien variansi seperti berikut:

$$Bullwhip \ Effect = \frac{(\text{coefficient of varians})_{\text{order}}}{(\text{coefficient of varians})_{\text{demand}}}$$

atau

$$BE = \frac{(C_v)_{\text{order}}}{(C_v)_{\text{demand}}} \quad (2)$$

$$C_v = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n-1}}{\bar{D}} \quad (3)$$

Kedua metode yang diusulkan di atas akan dianalisis ketegarannya (robustness) terhadap perubahan pola dan jumlah data.

DATA DAN PENGOLAHAN

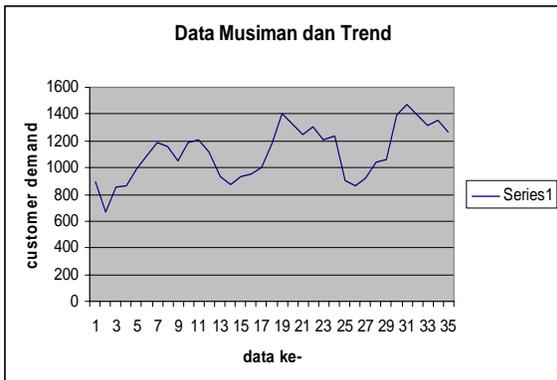
Data

Dalam melakukan analisis terhadap ketegaran (robustness) metode identifikasi dan pengukuran yang dikemukakan oleh Luong [2007] serta Luong dan Phien [2007] untuk, selanjutnya disebut metode Luphi dan oleh Fransoo dan Wouters [2003], untuk selanjutnya disebut metode Frawo, digunakan dua tipe data yang dikutip dari Makridakis, Wheelwright dan McGee [1992] untuk dua tipe data yaitu tipe data yang mengandung unsur musiman dan tren dan tipe data yang mengandung unsur tren. Tipe data pertama dikutip seperti adanya (Tabel 4-4, hal. 129), sedangkan data tipe kedua dilengkapi untuk mencukupi jumlahnya menjadi 36 data (dari Tabel 5-3, hal. 181). Kedua tipe data tersebut ditunjukkan dengan Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data demand yang mengandung unsur musiman dan tren

No.	D_k	No.	D_k	No.	D_k
1	894	13	931	25	900
2	667	14	874	26	859
3	858	15	937	27	927
4	865	16	952	28	1038
5	989	17	997	29	1058
6	1093	18	1178	30	1397
7	1191	19	1404	31	1476
8	1159	20	1327	32	1393
9	1046	21	1247	33	1316
10	1191	22	1302	34	1353
11	1203	23	1205	35	1267
12	1121	24	1234	36	1300

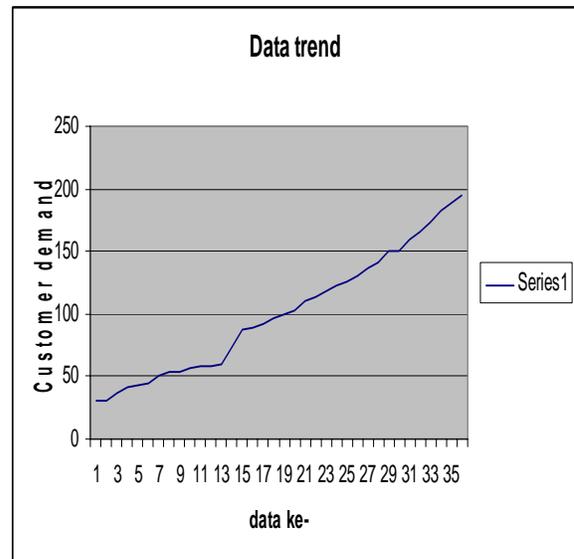
D_k : data customer demand aktual



Gambar 1: Pola data musiman-tren

Tabel 2: Data demand yang mengandung unsur tren

No.	D_k	No.	D_k	No.	D_k
1	30	13	60	25	126
2	31	14	73	26	130
3	37	15	88	27	137
4	42	16	89	28	141
5	43	17	92	29	150
6	45	18	97	30	150
7	50	19	100	31	159
8	54	20	102	32	166
9	54	21	110	33	173
10	57	22	113	34	182
11	58	23	118	35	189
12	58	24	123	36	195



Data tersebut di atas dilengkapi dengan data demand hasil peramalan dan digunakan peramalan autoregresi satu atau AR (1), sehingga Tabel 1 dan Tabel 2 berubah menjadi Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Data demand yang mengandung unsur musiman dan tren

D_k	D_p	D_k	D_p	D_k	D_p
894	-	931	1121	900	1234
667	894	874	931	859	900
858	667	937	874	927	859
865	858	952	937	1038	927
989	865	997	952	1058	1038
1093	989	1178	997	1397	1058
1191	1093	1404	1178	1476	1397
1159	1191	1327	1404	1393	1476
1046	1159	1247	1327	1316	1393
1191	1046	1302	1247	1353	1316
1203	1191	1205	1302	1267	1353
1121	1203	1234	1205	1300	1267

D_p : data customer demand hasil peramalan AR (1)

Tabel 4: Data *demand* yang mengandung unsur tren

D _k	D _p	D _k	D _p	D _k	D _p
30	-	60	58	126	123
31	30	73	60	130	126
37	31	88	73	137	130
42	37	89	88	141	137
43	42	92	89	150	141
45	43	97	92	150	150
50	45	100	97	159	150
54	50	102	100	166	159
54	54	110	102	173	166
57	54	113	110	182	173
58	57	118	113	189	182
58	58	123	118	195	189

Pengolahan data

Data pada Tabel 3 dan Tabel 4 diolah dengan menghitung nilai rata-rata, standar deviasi dan variansi masing-masing, agar dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur BE dengan menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2). Untuk kebutuhan pengolahan data, data yang mengandung unsur musiman dan tren diidentifikasi dengan data tipe 1 sedangkan data yang mengandung unsur tren diidentifikasi dengan data tipe 2. Dalam pengolahan data jumlah data pada setiap perlakuan dikurangi masing-masing sebanyak enam data karena pertimbangan musiman. Hasil pengolahan data ditunjukkan dengan Tabel 5.

Tabel 5: Hasil pengolahan data identifikasi dan pengukuran BE

Jumlah data	BE			
	Metode Luphi		Metode Frawo	
	Data tipe 1	Data tipe 2	Data tipe 1	Data tipe 2
35	1,0110	0,9365	1,0162	0,9579
30	0,9821	1,0002	0,9968	1,0465
24	0,9834	0,9918	0,9982	1,0426
18	0,9918	0,9188	1,0013	0,9967
12	0,9802	0,9145	0,9946	0,9950
6	0,9285	1,1023	0,9515	1,0963

PEMBAHASAN

Pola Data

Untuk kebutuhan melakukan analisis terhadap metode identifikasi dan pengukuran BE digunakan dua tipe data yaitu tipe 1: data yang mengandung unsur musiman dan tren, dan data tipe 2: data yang mengandung unsur tren. Didigunakannya kedua tipe data tersebut dengan pertimbangan bahwa data yang digunakan merupakan data permintaan pasar aktual

sedangkan untuk kebutuhan mengidentifikasi BE, dibutuhkan pasangan dari data tersebut yaitu data jumlah persediaan produk perusahaan untuk kebutuhan memenuhi permintaan pasar. Dalam penelitian-penelitian tentang BE sebagaimana yang dikemukakan sebelumnya, data jumlah persediaan produk oleh perusahaan dibangkitkan dari data permintaan pasar aktual dengan metode peramalan tertentu. Dalam kajian ini digunakan metode peramalan autoregresi lag satu atau AR (1). Metode peramalan ini lebih tepat digunakan untuk data yang mengandung unsur tren. Namun demikian unsur musiman yang juga sering muncul dalam data, dipertimbangkan dalam kajian ini walaupun unsur musiman lebih tepat menggunakan metode peramalan rata-rata bergerak (*moving average*, MA).

Jumlah Data

Untuk kebutuhan identifikasi BE jumlah data dikurangi sesuai dengan pola musiman yang terjadi pada data tipe 1. Data tipe 1 awalnya berjumlah 36 data, namun dengan menggunakan metode peramalan AR (1) maka jumlah data yang dapat digunakan untuk analisis menjadi 35 pasang. Data tipe 1 mengandung unsur musiman enam bulanan (Makridakis, Wheelwright dan McGee [1992]), sehingga pengurangan data dilakukan dengan kelipatan enam. Data tipe 2 dikurangi dengan kelipatan yang sama karena untuk konsistensi analisis dan tuntutan dari kedua metode identifikasi dan pengukuran yang digunakan.

Hasil Pengolahan Data dan Pembahasan

Hasil pengolahan data yang dilakukan ditunjukkan dengan Tabel 5. Tabel 5 menunjukkan bahwa metode Luphi relatif membentuk pola tertentu baik terhadap perubahan tipe data maupun perubahan jumlah data, khususnya untuk data tipe 1, dibandingkan dengan metode Frawo. Hal ini ditunjukkan bahwa dengan metode Luphi, teridentifikasi terjadi BE hanya pada jumlah data terbanyak yaitu 35 data untuk data tipe 1, sedangkan untuk data tipe 2 justru terjadi BE pada jumlah data 30 data dan enam data. Pada metode Frawo, tidak terdapat pola yang jelas, baik pada data tipe 1 maupun data tipe 2. Hal ini menunjukkan bahwa jika dilihat dari tipe data dan jumlah data, maka metode Luphi relatif lebih konsisten. Namun demikian jika dilihat dari sensitifitas kedua metode terhadap perubahan tipe data maupun jumlah data, maka metode Frawo relatif lebih sensitif. Pada metode Frawo, untuk data tipe 1 terjadi BE pada jumlah data 35 dan 18 sedangkan untuk data tipe 2, BE terjadi pada jumlah data 30, 24 dan enam, yang dapat menunjukkan sensitifitas metode ini.

PENUTUP

Bullwhip effect (BE) merupakan fenomena bertambahnya variansi kuantitas demand ketika bergerak *upstream* sepanjang *supply chain* industri manufaktur. Dari hasil kajian yang dilakukan pada

bagian sebelumnya, bahwa dalam mengidentifikasi dan mengukur BE, metode Luphi relatif lebih mempunyai pola dibanding metode Frawo. Namun dari sisi sensitifitas terhadap perubahan jumlah data dan pola data, metode Frawo relatif lebih sensitif. Oleh karena itu jika ingin mengidentifikasi telah terjadi BE atau tidak, maka sebaiknya menggunakan metode Frawo karena lebih sensitif. Hal ini akan lebih dapat mengingatkan pihak manajerial untuk lebih cermat dalam menetapkan jumlah produk yang harus disediakan (*order demand quantity*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dahri, I. dan Chabhoub, H., 2007., Nonlinier goal programming models quantifying the bullwhip effect in supply chains based on ARIMA parameters, *European Journal of Operational Research* 177, p. 1800-1810
- [2] Fransoo, J.C. dan Wouters, M.J.F., 2000, Measuring the bullwhip effect in supply chains managements, *An International Journal* 5 No. 2 p. 78-89
- [3] Hsieh, K.L., Chen, Y.K. dan Shen, C.C., 2007., Bootstrap confidence interval estimates of the bullwhip effect, *European Journal of Operational Research* 15, p. 908-917
- [4] Luong, H.T., 2007., Measure of bullwhip effect in supply chains with autoregressive demand process, *European Journal of Operational Research* 180, p. 1086-1097
- [5] Luong, H.T. dan Phien, N.H., 2007., Measure of bullwhip effect in supply chains: The case of high order autoregressive demand process, *European Journal of Operational Research* 183, p. 197-209
- [6] Ozelkan, E.T. dan Cakanyildirim, M., 2007., Reverse Bullwhip Effect in Pricing, *European Journal of Operational Research* xxx, p. xxx-xxx
- [7] Ouyang, Y. dan Daganzo, C., 2008., Robust tests for the bullwhip effect in supply chains with stochastic dynamics, *European Journal of Operational Research* 185, p. 340-353
- [8] Zabidi, Y., 2003, Merancang dan Mengelola Supply Chain secara Efektif dan Efisien, *Proceeding Seminar Nasional TEKNOIN*, UII Yogyakarta