

ANALISIS NILAI INDEKS *BULLWHIP EFFECT* PADA SISTEM *SUPPLY CHAIN* DAN RANCANGAN PERBAIKAN DENGAN PENDEKATAN SIMULASI (Studi Kasus di PT.XYZ)

Asep Ridwan¹, Muhammad Adha Ilhami², Intan Emeraldita³

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Email: ¹sep_ridwan@ft-untirta.ac.id, ²adha@ft-untirta.ac.id

ABSTRAK

PT XYZ merupakan sebuah industri baja dengan sistem supply chain yang kompleks. Permasalahan yang terjadi adalah adanya pola pesan bahan baku bagian Direct Reduction Plant yang tidak pasti sehingga berpotensi terjadinya Bullwhip Effect. Dampaknya adalah kesalahan dalam memproduksi barang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis indeks Bullwhip Effect dan merancang perbaikan dengan simulasi powersim. Penelitian dimulai dengan menghitung indeks Bullwhip Effect seluruh plant kemudian menentukan penyebabnya dengan Fishbone Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) serta melakukan simulasi Powersim pada plant dengan indeks Bullwhip Effect kritis. Hasil penelitian menunjukkan indeks Bullwhip Effect pada Direct Reduction Plant = 4,05; Billet Steel Plant = 0,79; Slab Steel Plant 1 =1,14; Slab Steel Plant 2 =1,18; Hot Strip Mill = 1,04; Wire Rod Mill = 0,99; dan Cold Rolling Mill = 1,148. Penyebabnya adalah membeli bahan baku ketika harga murah sehingga terjadi penumpukan barang dan tidak melakukan pemesanan saat harga tinggi sehingga kekurangan bahan baku. Rancangan perbaikan yang diusulkan adalah melakukan kerja sama long term dengan pihak supplier sehingga harga relatif tetap dan berkelanjutan. Dengan simulasi yang diusulkan menunjukkan bahwa indeks Bullwhip Effect pada Direct Reduction Plant menurun dari 4,05 menjadi 1,00. Solusi ini untuk menjaga stabilitas harga dan ketersediaan bahan baku di gudang.

Kata Kunci : supply chain, bullwhip effect, simulasi powersim

ABSTRACT

XYZ Inc. is a steel industry with a complex supply chain system. The problem is an order pattern of raw material at Direct Reduction Plant is not fixed so Bullwhip Effect potentially will occur. Its impact is an mistaken in producing a good. The purpose of research is to analyze Bullwhip Effect index then determine solution with Powersim Simulation. This research is started with calculation Bullwhip Effect index in all plants then find the causes using Fishbone Diagram and Failure Mode Effect Analysis (FMEA). Powersim simulation is conducted for critical Bullwhip Effect index. Bullwhip Effect index at Direct Reduction Plant = 4.05; Billet Steel Plant = 0.79; Slab Steel Plant 1 =1.14; Slab Steel Plant 2 =1.18; Hot Strip Mill = 1.04; Wire Rod Mill = 0.99; and Cold Rolling Mill = 1.148. Its caused by buying pellet when the price was low and there was no order when the price was high. The proposed solution is doing long term cooperation with supplier so the price can be relatively constant and continous. Simulation of proposed solution shows that Bullwhip Effect index decrease from 4.09 to 1.00. This solution is to maintain stability of price and availability of material in warehouse.

Keywords : supply chain, bullwhip effect, powersim simulation

1. PENDAHULUAN

Perkembangan saat ini industri manufaktur dan jasa menghadapi tantangan yang semakin besar dalam memenuhi kebutuhan konsumen baik terhadap kualitas produk, harga, ketepatan pengiriman, dan kesediaan produk di pasaran. Sistem *Supply Chain* mempunyai peran dalam menyediakan produk atau jasa yang tepat, pada tempat yang tepat, waktu yang tepat dan kondisi yang diinginkan. Konsep *Supply Chain* menjadi sangat penting karena tidak ada perusahaan yang beroperasi tanpa menggunakan konsep-konsep *Supply Chain*. Juga tidak dapat dipungkiri bahwa efektif tidaknya

Supply Chain suatu perusahaan akan menjadi kunci apakah suatu perusahaan bisa bersaing atau tidak di pasar. Oleh karena itu, tidak ada perusahaan yang bisa lepas dari kebutuhan untuk memahami konsep-konsep *Supply Chain* selama masih ingin beroperasi secara kompetitif di dunia bisnis yang sangat kompleks ini. (Pujawan, 2005).

PT. XYZ merupakan sebuah perusahaan yang memproduksi baja dengan sistem *supply chain* yang kompleks. PT. XYZ memiliki 6 *plant* yaitu *Direct Reduction Plant*, *Billet Steel Plant*, *Wire Rod Mill*, *Slab Steel Plant*, *Hot Strip Mill* dan *Cold Rolling Mil*. Permasalahan yang terjadi adalah adanya pola pesan bahan baku di bagian *Direct Reduction Plant* yang tidak konstan sehingga berpotensi terjadinya *Bullwhip Effect*. Melihat permasalahan ini maka perlu dilakukan perhitungan nilai indeks *Bullwhip Effect* dan dicari penyebabnya kemudian merancang perbaikan dengan simulasi *powersim*.

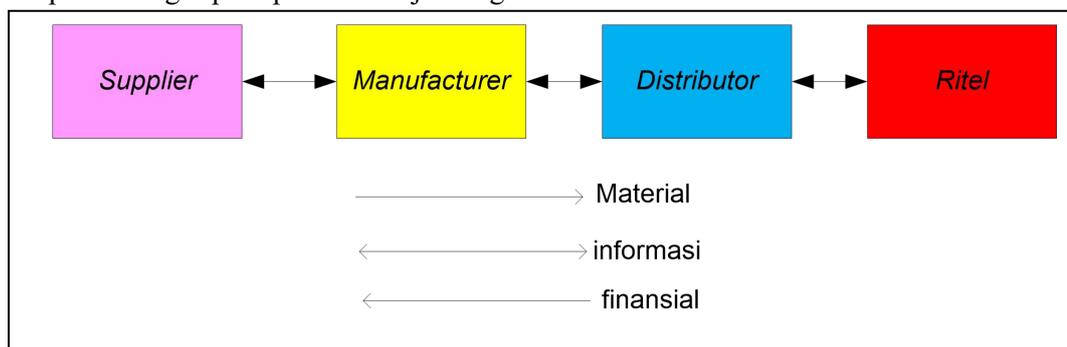
Simulasi *Powersim* digunakan untuk membangun dan melakukan simulasi suatu model dinamik sehingga dapat menentukan pengaruh perbaikan pada nilai indeks *Bullwhip Effect* yang terjadi pada PT. XYZ. Menurut Rukmi (2011) penyebab utama yang mengakibatkan *Bullwhip Effect* terjadi pada tingkat *retailer* adanya *updating demand forecast* dan *price fluctuation*. Menurut Hidayat (2011), pengukuran *Bullwhip Effect* dilakukan secara makro. Penelitian ini bertujuan menghitung dan menganalisa *Bullwhip Effect* pada sistem *Supply Chain* PT XYZ serta merancang perbaikan dengan simulasi *powersim*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Supply Chain

Simchi-Levi (2000) mendefinisikan *Supply Chain Management* (SCM) adalah suatu pendekatan yang digunakan untuk mengintegrasikan *supplier*, gudang, *manufacture* dan distributor secara efisien sehingga barang yang diproduksi dan didistribusikan dalam jumlah yang tepat, ke lokasi yang tepat dan pada waktu yang tepat, dalam rangka untuk meminimalkan biaya sistem dengan memperhatikan tingkat pelayanan untuk memuaskan pelanggan. Istilah *Supply Chain Management* pertama kali dikemukakan oleh Oliver & Weber pada tahun 1982 (Pujawan, 2005). Kalau *Supply Chain* adalah jaringan fisiknya, yakni perusahaan – perusahaan yang terlibat dalam memasok bahan baku, memproduksi barang, maupun mengirimkannya ke pemakai akhir. *Supply Chain Management* (SCM) adalah metode, alat, atau pendekatan pengelolaannya.

Menurut Indrajit dan Djokopranoto (2002), *Supply Chain* adalah suatu tempat sistem organisasi menyalurkan barang produksi dan jasanya kepada para pelanggannya. Rantai ini juga merupakan jaringan dari berbagai organisasi yang saling berhubungan dan mempunyai tujuan yang sama, yaitu sebaik mungkin menyelenggarakan pengadaan atau penyalur barang tersebut. Sedangkan menurut Pujawan (2005), *Supply Chain* adalah jaringan perusahaan- perusahaan yang secara bersama-sama bekerja untuk menciptakan dan menghantarkan suatu produk ke tangan pemakai akhir. Perusahaan – perusahaan tersebut biasanya termasuk *supplier*, pabrik, distributor, *took* atau ritel, serta perusahaan – perusahaan pendukung seperti perusahaan jasa logistik.

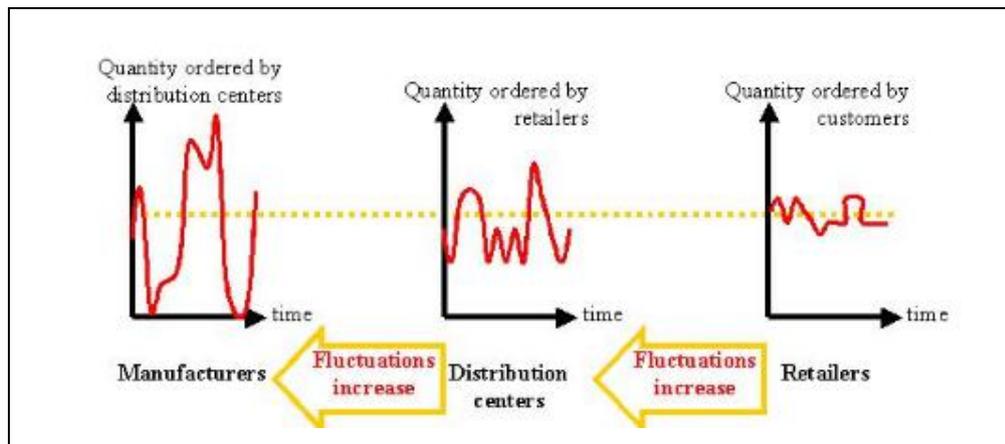


Gambar 1. Tiga macam aliran yang dikelola dalam Supply Chain

2.2 Bullwhip Effect

Bullwhip Effect merupakan istilah yang digunakan dalam dunia *inventory* yang mendefinisikan bagaimana pergerakan *demand* dalam *Supply Chain*. *Bullwhip* yaitu cambuk, alat untuk mengendalikan sapi atau banteng. Konsepnya adalah suatu keadaan yang terjadi dalam *Supply Chain*, dimana permintaan dari *customer* mengalami perubahan, baik semakin banyak atau semakin sedikit, perubahan ini menyebabkan distorsi permintaan dari setiap *stage Supply Chain*. Distorsi tersebut

menimbulkan efek bagi keseluruhan *stage Supply Chain* yaitu permintaan yang tidak akurat. Permintaan yang sebenarnya relatif stabil di tingkat pelanggan akhir berubah menjadi fluktuatif di bagian hulu rantai pasok dan semakin ke hulu peningkatan tersebut semakin besar ini dinamakan fenomena *Bullwhip Effect*.



Gambar 2 Ilustrasi Bullwhip Effect

Bullwhip Effect pada *Supply Chain* adalah salah satu sumber kendala dalam menciptakan *Supply Chain* yang efisien. Informasi tentang permintaan konsumen terhadap suatu produk relatif stabil dari waktu ke waktu, namun *order* dari toko ke penyalur dan dari penyalur ke manufaktur jauh lebih fluktuatif dibandingkan dengan pola permintaan dari konsumen tersebut. Dengan kata lain, permintaan yang sebenarnya relatif stabil di tingkat pelanggan akhir berubah menjadi fluktuatif di bagian hulu *Supply Chain* dan semakin ke hulu peningkatan tersebut semakin besar. Fenomena ini yang dinamakan dengan *Bullwhip Effect*. (Pujawan, 2005)

Secara konseptual, pengukuran *Bullwhip Effect* tidak sulit dipahami, karena sebenarnya terjadi di lapangan secara nyata. Salah satu publikasi yang mendiskusikan bagaimana *Bullwhip Effect* diukur ialah Fransoo dan Wouters (2000), mereka mengusulkan pengukuran *Bullwhip Effect* di suatu *echelon supply chain* sebagai perbandingan antara koefisien variansi dari *order* yang diciptakan (c_{out}) dan koefisien variansi dari *demand* yang diterima oleh *echelon* yang bersangkutan (c_{in}). Secara matematis dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$\omega = \frac{C_{Out}}{C_{In}} \quad \text{dimana : } C_{out} = \frac{\delta(D_{out}(t,t+T))}{\mu(D_{out}(t,t+T))} \quad C_{in} = \frac{\delta(D_{in}(t,t+T))}{\mu(D_{in}(t,t+T))}$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode pengukuran *Bullwhip Effect* menurut Fransoo dan Wouters (2000) sebagai perbandingan antara koefisien variansi dari *order* yang diciptakan (C_{out}) dan koefisien variansi dari *demand* yang diterima (C_{in}). Analisa penyebab dominan *Bullwhip Effect* menggunakan diagram *Fishbone* dan *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*. Rancangan perbaikan menggunakan simulasi powersim. Pengambilan data dilakukan melalui observasi langsung di lapangan dan data sekunder di bagian produksi. Kerangka pemecahan masalah ini disajikan pada gambar 3.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan *Bullwhip Effect* tiap *Echelon*

Pada tahap awal dilakukan perhitungan *Bullwhip Effect* pada produk sponge di *Direct Reduction (DR)* sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1. Adapun contoh perhitungan *Bullwhip Effect* dalam Tabel 1 adalah sebagai berikut :

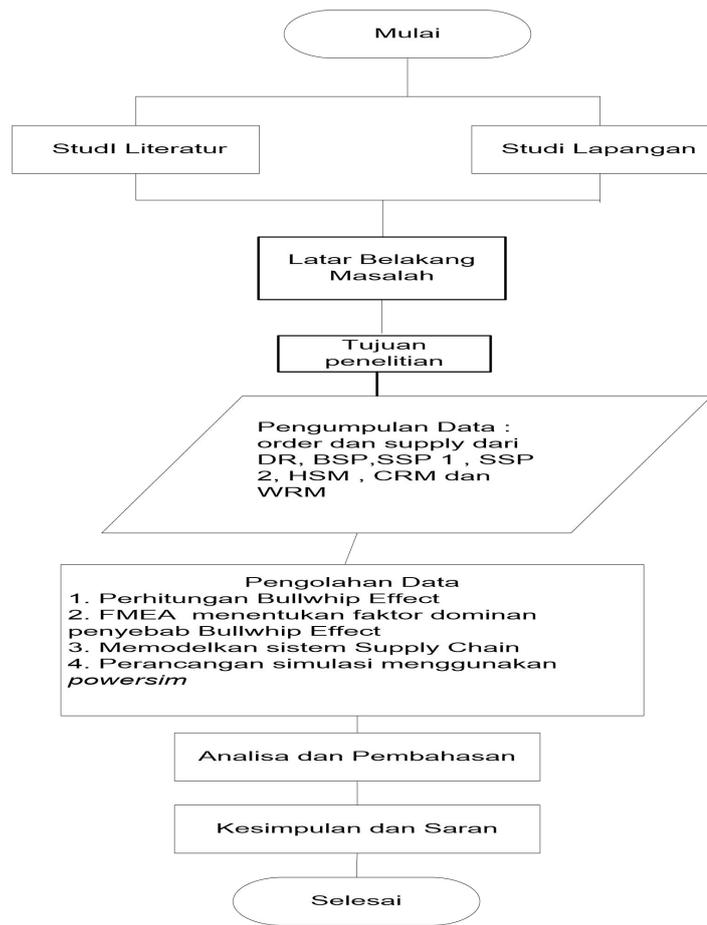
$$\begin{aligned} AVR \text{ Order (Average)} &= \frac{(199837,02 + \dots + 200136,10)}{24} \\ &= 104733,38 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{STD Order} &= \sqrt{\frac{(199837,02-104733,38)^2 + \dots + 199837,02 - 104733,38)^2}{24-1}} \\
 &= 89515,85669 \text{ Ton} \\
 \text{CV Order} &= \frac{\text{STD}}{\text{AVR}} = \frac{89515,85669}{104733,38} = 0,8547 \\
 \text{Bullwhip Effect} &= \frac{\text{CV order}}{\text{CV supply}} = 4,0536 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

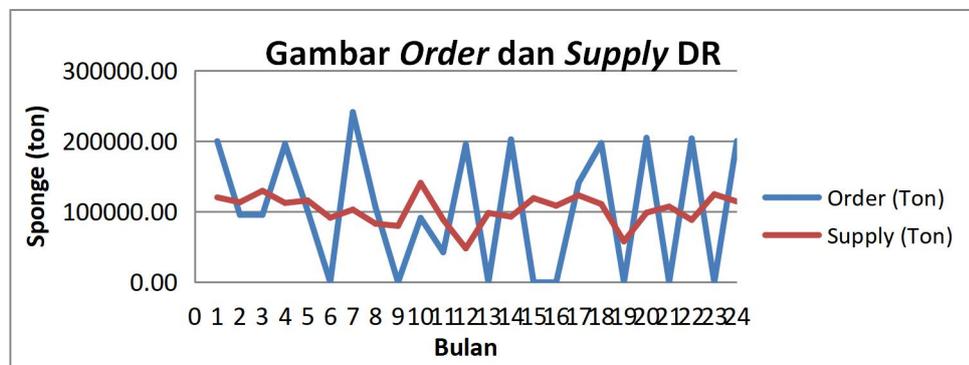
Tabel 1 Bullwhip Effect echelon 1 DR

Tahun	Periode	Order (Ton)	Supply (Ton)
2010	Januari	199837,02	120261,19
	Februari	95593,20	113348,45
	Maret	95500,57	129570,94
	April	195753,10	112387,01
	Mei	101370,00	115888,67
	Juni	0,00	91460,62
	Juli	240925,88	102925,35
	Agustus	106680,05	83082,16
	September	0,00	79820,98
	Oktober	91184,25	140784,42
	Nopember	42536,00	88667,99
	Desember	195359,74	48125,87
2011	Januari	0,00	98170,39
	Februari	202280,07	93009,31
	Maret	0,00	119122,74
	April	0,00	108478,28
	Mei	141145,86	123093,06
	Juni	197145,60	110763,67
	Juli	0,00	57972,38
	Agustus	204528,79	98598,32
	September	0,00	107234,10
	Oktober	203624,92	88394,44
	Nopember	0,00	124699,56
	Desember	200136,10	114395,11
	AVR	104733,38	102927,2921
	STD	89515,85669	21702,01333
	CV	0,854702255	0,210847997
	<i>Bullwip Effect</i>	4,053641812	

Bullwhip Effect pada DR adalah 4,0536 > 1 yang berarti bahwa terjadi amplifikasi permintaan produk tersebut. Sedangkan pergerakan jumlah *order* dan *supply* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3 Kerangka Pemecahan Masalah

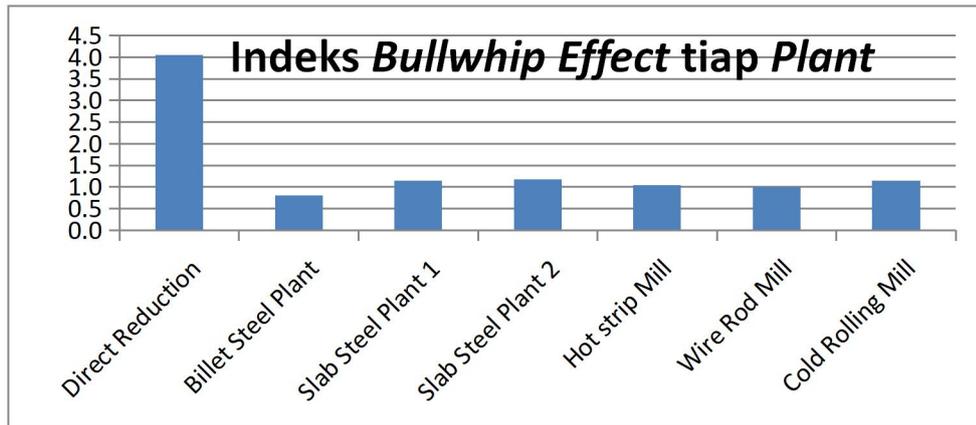


Gambar 4 Pergerakan Order dan Supply pada Direct Reduction

Hasil perhitungan *Bullwhip Effect* pada plant yang lain tiap *Echelon* direkapitulasi dalam Tabel 2. Sementara tren nilai *Bullwhip Effect* tiap *plant* dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 2 *Bullwhip Effect* pada *plant*

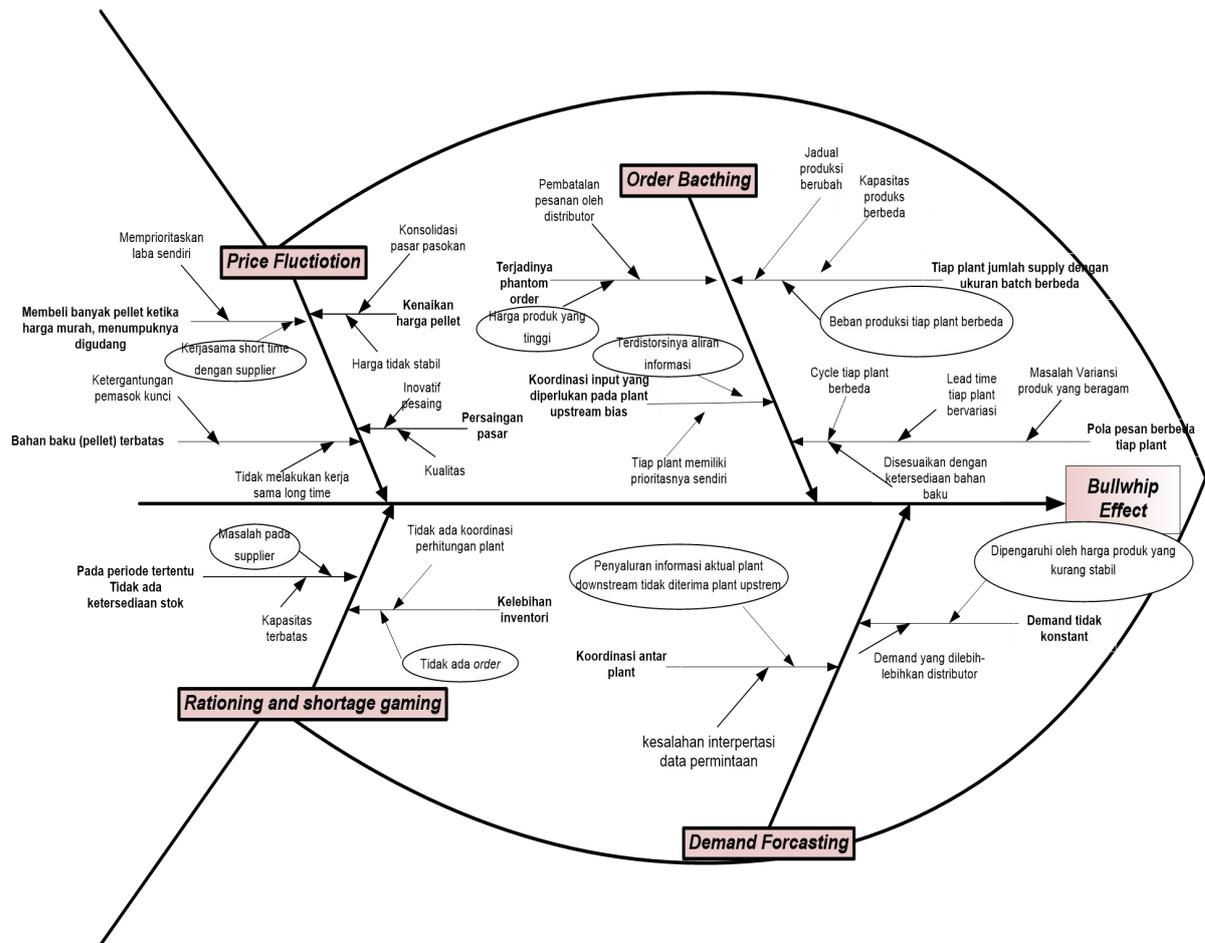
<i>Plant</i>	BE
<i>Direct Reduction</i>	4,0536418
<i>Billet Steel Plant</i>	0,7972968
<i>Slab Steel Plant 1</i>	1,1385492
<i>Slab Steel Plant 2</i>	1,1818937
<i>Hot strip Mill</i>	1,0401401
<i>Wire Rod Mill</i>	0,990689
<i>Cold Rolling Mill</i>	1,1485203



Gambar 5 Rekapitulasi Bullwhip Effect tiap Plant

4.2 Analisis Penyebab dengan Diagram Fishbone dan Rancangan Perbaikan dengan Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Pada Gambar 6 dapat dilihat penyebab-penyebab Bullwhip Effect yang terjadi dengan menggunakan diagram Fishbone untuk mengetahui akar-akar penyebab Bullwhip Effect.



Gambar 6 Diagram Fishbone penyebab Bullwhip Effect

Melalui FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dapat diidentifikasi dan dianalisa potensi kegagalan seperti ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3 FMEA Bullwhip Effect dengan 5 RPN terbesar

<i>Mode of Failure</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Effect of Failure</i>	<i>Degree of Severity</i>	<i>Frequency of Occurrence</i>	<i>Chance of Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Rank</i>
Pada periode tertentu Tidak ada ketersediaan stok	Kapasitas terbatas	Tidak mendapatkan bahan baku	6	8	7	336	5
	Masalah pada <i>supplier</i>	produk yang dihasilkan tidak sesuai target	8	8	7	448	2
Bahan baku (<i>pellet</i>) terbatas	Tidak melakukan kerja sama <i>long time</i>	Kurangnya kolaborasi dengan pemasok	7	8	8	448	3
	Ketergantungan pemasok kunci	kurangnya manajerial dengan pemasok	6	8	8	384	4
Membeli banyak <i>pellet</i> ketika harga murah, menumpuknya digudang	Kerjasama short time dengan <i>supplier</i>	Tidak ada jaminan harga	8	8	8	512	1

Selanjutnya dilakukan *design action* dan *design validation* untuk merancang perbaikan yang dapat dilihat pada Tabel 4.

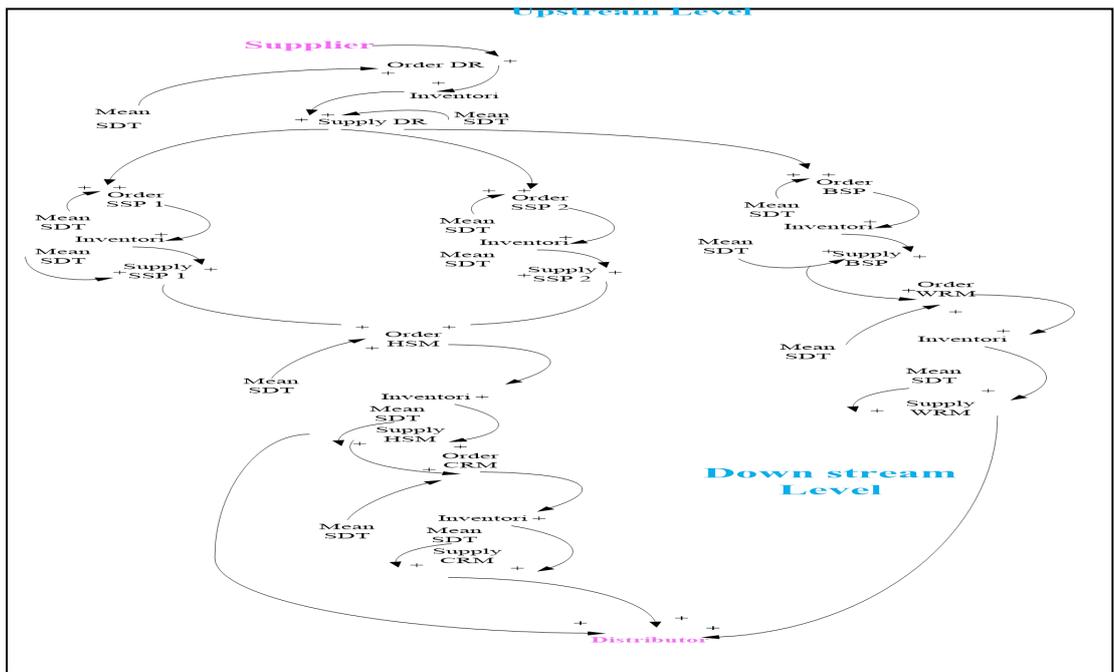
Tabel 4 Design Validation

<i>Rank</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Design Action /Potential Solution</i>	<i>Design Validation</i>
1	Membeli banyak <i>pellet</i> ketika harga murah, menumpuknya digudang	Kerjasama <i>short time</i> dengan <i>supplier</i>	Melakukan kerjasama <i>long term</i> dengan <i>supplier</i>	Pihak Top management melakukan kontrak bersama jangka panjang (<i>long term</i>) dengan <i>supplier</i> kunci
2	Pada periode tertentu tidak ada ketersediaan stok	Masalah pada <i>supplier</i>		
3	Bahan baku (<i>pellet</i>) terbatas	Tidak melakukan kerja sama <i>long time</i>		
4	Bahan baku (<i>pellet</i>) terbatas	Ketergantungan pemasok kunci		
5	Pada periode tertentu Tidak ada ketersediaan stok	Tidak mendapatkan bahan baku		

4.3 Merancang Model dengan *Powersim*

4.3.1 Merancang Model *Causal loop Diagram*

Pada simulasi awal (*existing*) dapat dilihat aliran material yang terjadi pada sistem *Supply Chain* di PT XYZ. *Bullwhip Effect* pada penelitian ini adalah 4 *echelon*, pengukuran *Bullwhip Effect echelon* pertama yaitu pada *Direct Reduction (DR)*; *echelon* ke-2 pada *Billet Steel Plant (BSP)*, *Slab Steel Plant 1 (SSP 1)*, dan *Slab Steel Plant 2 (SSP 2)*; *echelon* ke-3 pada *Hot Strip Mill (HSM)* dan *Wire Rod Mill (WRM)*; dan *echelon* ke-4 pada *Cold Roll Mill (CRM)*.

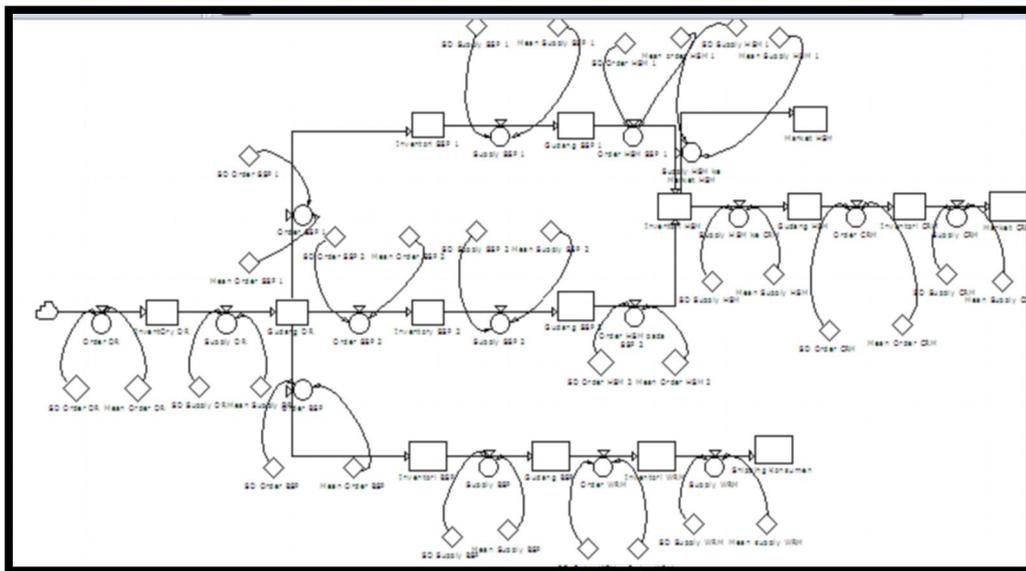


Gambar 7 Model Causal loop Diagram

Untuk gambaran terhadap sistem, model *causal loop diagram* pada Gambar 7 dapat dijadikan acuan pemahaman sistem.

4.3.2 Merancang *Stock Flow Diagram* (SFD)

Model komputer dalam bentuk *Stock Flow Diagram* (SFD) dapat dilihat dari Gambar 8. Pembuatan SFD ini dilakukan berdasarkan perangkat lunak yang digunakan, yaitu *Powersim*. Berikut merupakan Formulasi Model *Bullwhip Effect* menggunakan *Powersim*.



Gambar 8 Model Bullwhip Effect

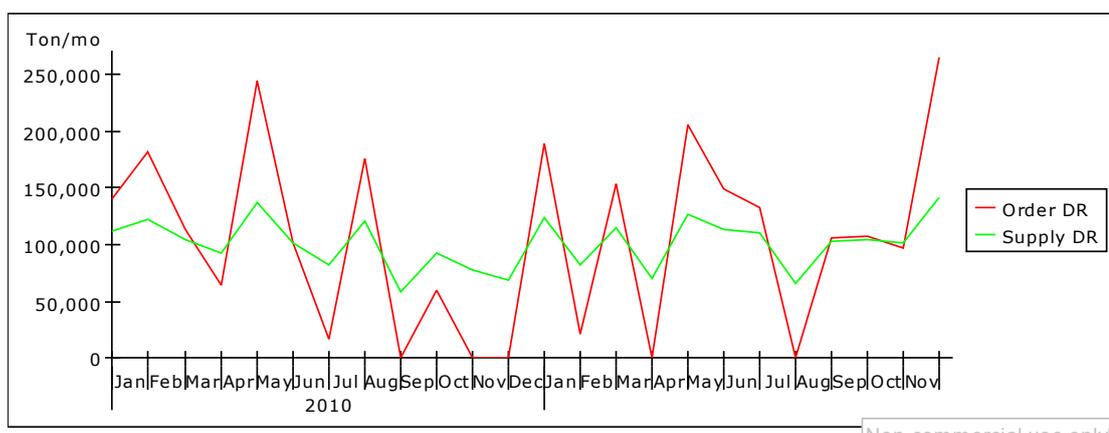
Berdasarkan perhitungan *Bullwhip Effect* didapat bahwa *Bullwhip Effect* terbesar terjadi pada *Direct Reduction (DR)* sehingga perlu dilakukan pendekatan analisis sistem.

4.3.3 Simulasi Model

Dari model dasar yang dibuat maka didapat hasil simulasi model *existing* seperti yang dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 9.

Tabel 5 Hasil simulai order dan supply DR

(Ton/mo)		
Time	Order DR	Supply DR
Jan 01, 2010	139,360.46	111,322.20
Feb 01, 2010	181,439.85	121,523.82
Mar 01, 2010	112,835.09	104,891.45
Apr 01, 2010	63,863.57	93,018.91
May 01, 2010	243,673.40	136,611.58
Jun 01, 2010	101,449.93	102,131.26
Jul 01, 2010	16,726.24	81,591.05
Aug 01, 2010	175,785.99	120,153.12
Sep 01, 2010	0.00	58,866.79
Oct 01, 2010	59,453.50	91,949.74
Nov 01, 2010	129.02	77,567.26
Dec 01, 2010	0.00	68,640.10
Jan 01, 2011	188,411.85	123,214.10
Feb 01, 2011	21,728.45	82,803.77
Mar 01, 2011	153,943.20	114,857.60
Apr 01, 2011	0.00	70,504.63
May 01, 2011	205,722.02	127,410.73
Jun 01, 2011	148,813.09	113,613.87
Jul 01, 2011	132,649.06	109,695.10
Aug 01, 2011	0.00	65,339.58
Sep 01, 2011	105,239.41	103,049.97
Oct 01, 2011	108,107.26	103,745.25
Nov 01, 2011	96,831.08	101,011.47
Dec 01, 2011	263,861.30	141,505.88



Gambar 9 Gambar hasil simulasi order dan supply DR

Secara lengkap Gambar 9 memperlihatkan fenomena order dan supply yang tidak beriringan satu dengan lain, sehingga pada setiap periode akan ditemui *gap*. *Gap* inilah yang pada akhirnya mengindikasikan terjadinya *Bullwhip Effect*.

Dengan memperhatikan fenomena tersebut, maka dilakukan perhitungan *Bullwhip Effect* yang hasil lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6. Perhitungan *Bullwhip Effect* ini merupakan hasil simulasi 10 replikasi kondisi *existing*, sehingga pada Tabel 6 diperoleh 10 nilai *Bullwhip Effect*. Hasil simulasi kondisi *existing* ini yang dijadikan dasar untuk validasi model simulasi menggunakan *Powersim*. Hasil validasi model *order* dan *supply* dengan *one sample T-Test* menggunakan perangkat lunak SPSS didapatkan hasil tidak ada perbedaan antara simulasi dan *existing* atau valid. Artinya dapat dikatakan model yang dibangun dapat merepresentasikan sistem nyatanya.

4.3.4 Rancangan perbaikan

Pada rancangan perbaikan perusahaan diharapkan menjalin kerjasama jangka panjang (*long term*) dengan *supplier* sehingga banyaknya *order* tiap bulan terhadap *supply* hampir selalu sama, hal ini disebabkan bahwa kerjasama jangka panjang diasumsikan dapat memberikan stabilitas harga, dimana harga bahan baku diambil nilai rata-rata sepanjang tahun periode lalu dengan penyesuaian tertentu. Adanya jaminan harga yang tidak berubah dalam satu tahun perencanaan, diharapkan menghilangkan kekhawatiran *plant* bahwa harga akan naik, sehingga *plant* akan mencoba melakukan *order gaming* yang disebabkan oleh *price fluctuation*. Data yang digunakan pada *order* disesuaikan dengan *supply* aktual yaitu dengan rata-rata = 102927,29 dan standar deviasi = 21702,01.

Tabel 6 Hasil perhitungan Bullwhif Effect DR Existing pada 10 kali replikasi

Replikasi	Bullwhip Effect
1	3,403
2	3,495
3	2,993
4	4,007
5	3,575
6	3,600
7	4,093
8	3,934
9	3,469
10	3,319
Rata-rata	3,589

Tabel 7 output usulan perbaikan

(Ton/mo)		
Time	Order DR	Supply DR
Jan 01, 2010	111,322.20	111,322.20
Feb 01, 2010	121,523.82	121,523.82
Mar 01, 2010	104,891.45	104,891.45
Apr 01, 2010	93,018.91	93,018.91
May 01, 2010	136,611.58	136,611.58
Jun 01, 2010	102,131.26	102,131.26
Jul 01, 2010	81,591.05	81,591.05
Aug 01, 2010	120,153.12	120,153.12
Sep 01, 2010	58,866.79	58,866.79
Oct 01, 2010	91,949.74	91,949.74
Nov 01, 2010	77,567.26	77,567.26
Dec 01, 2010	68,640.10	68,640.10
Jan 01, 2011	123,214.10	123,214.10
Feb 01, 2011	82,803.77	82,803.77
Mar 01, 2011	114,857.60	114,857.60
Apr 01, 2011	70,504.63	70,504.63
May 01, 2011	127,410.73	127,410.73
Jun 01, 2011	113,613.87	113,613.87
Jul 01, 2011	109,695.10	109,695.10
Aug 01, 2011	65,339.58	65,339.58
Sep 01, 2011	103,049.97	103,049.97
Oct 01, 2011	103,745.25	103,745.25
Nov 01, 2011	101,011.47	101,011.47
Dec 01, 2011	141,505.88	141,505.88

Pada simulasi usulan perbaikan ini, simulasi dilakukan sampai 10 kali replikasi, sehingga didapatkan 10 *Bullwhip Effect* usulan. Usulan perbaikan ini kemudian dibandingkan dengan hasil 10 *Bullwhip Effect* sistem *existing* dan dilakukan pengujian secara statistik apakah ada perbedaan atau tidak.

Tabel 8 Perbandingan Bullwhip Effect DR pada 10 replikasi

Replikasi	BE aktual	BE usulan perbaikan
1	3,40	1,00000099
2	3,49	1,00000089
3	2,99	1,00000098
4	4,01	1,00000059
5	3,58	1,00000046
6	3,60	1,00000037
7	4,09	1,00000095
8	3,93	1,00000009
9	3,47	1,00000076
10	3,32	1,00000075

Berdasarkan hasil pengujian dengan metode *Independent Sample T-test* menggunakan SPSS menunjukkan bahwa ada perbedaan antara *Bullwhip Effect* kondisi *existing* dan *Bullwhip Effect* Usulan. Perbedaan ini mengindikasikan adanya perubahan *Bullwhip Effect*. Berdasarkan Tabel 8 diketahui *Bullwhip Effect* usulan memiliki nilai rata-rata sama dengan 1. Hal ini menunjukkan stabilitas *Bullwhip Effect* atau tidak ada amplifikasi yang disebabkan *Bullwhip Effect*. Untuk itu usulan perbaikan layak untuk dipertimbangkan sebagai solusi perbaikan ke depan bagi perusahaan.

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Nilai Indeks *Bullwhip Effect* tertinggi pada *plant Direct Reduction (DR)* adalah 4,05. *Billet ; Steel Plant (BSP)* sebesar 0,797; *Slab Steel Plant 1(SSP 1)* sebesar 1,138; *Slab Steel Plant 2(SSP 2)* sebesar 1,182; *Hot Strip Mill (HSM)* sebesar 1,040; *Wire Rod Mill (WRM)* sebesar 0,99; dan *Cold Roll Mill (CRM)* sebesar 1,148. Faktor dominan penyebab *Bullwhip Effect* adalah membeli banyak *pellet* ketika harga murah dan menumpuknya di gudang. Rancangan perbaikan yang diusulkan dengan pendekatan simulasi *powersim* adalah melakukan kerjasama jangka panjang (*long term*) dengan supplier. Pengaruh hasil perbaikan dapat merubah nilai Indeks *Bullwhip Effect* pada *Direct Reduction* dari 4,05 menjadi 1,00.

5.2 Saran

Penelitian berikutnya mengkombinasikan konsep *Lean Manufacturing* dalam sistem *Supply Chain* atau dikenal dengan istilah *Lean Supply Chain* sehingga setiap *waste* seperti *inventory* yang berlebih bisa dipetakan di setiap *stream* atau aliran proses kemudian dieliminasi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Fransoo J. C and Wouters M. J.F, 2002, Measuring the Bullwhip Effect in the Supply Chain, *Supply Chain Management : An International Journal*, Volume 5, Iss:2, pp.78-89
- Hidayat, Rahmat, 2011, Analisa *Bullwhip Effect* pada PT. Krakatau Steel secara Makro. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang.
- Hutagaol, T.H, 2011, Penentuan Kebijakan Persediaan pada Sistem Persediaan Probabilistik Model Q Menggunakan Simulasi Powersim, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang.
- Indrajit, R.E dan Djokopranoto, R, 2002, *Konsep Manajemen Supply Chain : Strategi Mengelola Manajemen Rantai Pasokan bagi Perusahaan Modern di Indonesia*, Jakarta, PT Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Levi-Simchi and Kaminsky, 2000, *Designing and Managing The Supply Chain*, Mc Graw Hill Higher Education.
- Lee H. L., Padmanabhan V., Whang S, 1997, The Bullwhip Effect in Supply Chans. Pennsylvania State University, *Sloan Managament Review*, volume 38 (3), pp. 93-102.
- Pujawan, I.N dan Kingsman, B.G., 2002, Joint Optimisation and Timing Synchronisation in A Buyer Supplier Inventory System, *International Journal of Operations and Quantitative Management*. 8:93-110
- Pujawan, I.N, 2005, *Supply Chain Management*. Surabaya, Guna Wydia.
- Rukmi, S.N, 2011, Analisis Bullwhip Effect dalam Sistem Supply Chain Retailer PT. ABC Daerah Penjualan Pasar Kemis dan Gading Serpong, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang.
- Walpole, R dan Myers, R, 1995, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuan*, Bandung, Institut Teknologi Bandung.