

PEGUKURAN LINTAS DISTRIBUSI BAHAN BAKU PADA RANTAI PASOK DENGAN SIMULASI MONTE CARLO

RAW MATERIAL DISTRIBUTION LINE MEASUREMENT WITH MONTE CARLO SIMULATION

Luthfi Nurwandi¹, A. Harits Nu'man² dan Iyan Bachtiar¹

E-mail: Luthfi.nurwandi@unisba.ac.id

Lab. Tata Letak Fasilitas, Jl. Taman Sari No. 1, Bandung, 40132, Indonesia

ABSTRAK

Rantai Suppy merupakan wahana antara aktor pemasok, produsen, dan konsumen. Interaksi ditandai dengan arus barang dari satu aktor ke aktor lainnya, di mana arus barang dipengaruhi oleh kualitas barang sejak pengiriman dari pemasok, ke produsen, sampai ke konsumen. Fenomena ini mengakibatkan kuantitas material, komponen atau barang yang sesuai dengan kebutuhan menjadi berkurang, sementara arus pemenuhan barang harus disesuaikan dengan permintaan konsumen. Kondisi ini penting mendapatkan perhatian serius, terutama perencana pada rantai pasok penting mengukur koefisien jalur rantai pasok, yang menjamin kebutuhan disetiap aktor mampu terpenuhi. Penelitian ini memanfaatkan metode penelitian kauntitatif, yang melibatkan tiga pemasok, satu produsen, dan satu agen distribusi (konsumen). Pengamatan berfokus pada upaya untuk mengatur beberapa pemasok terhadap satu produsen, kemudian produsen mendistribusikan ke distributor, dengan mempertimbangkan kapasitas dan probabilitas munculnya bahan atau barang rang cacat, yang terjadi pada rantai pasokan. Pendekatan simulasi Monte Carlo dimanfaatkan untuk memperkirakan jumlah barang yang harus dikirim dari pemasok ke konsumen, yang memperhatikan volume pengiriman barang, probabilitas kecacatan, serta kuantitas permintaan konsumen. Hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk memenuhi kebutuhan konsumen berdasarkan, kesesuaian kualitas barang yang didistribusikan maka produsen penting untuk mengatur arus barang dari pemasok, yang disesuaikan dengan munculnya kecacatan pada saat bahan atau barang dialirkan pada lintas distribusi rantai pasok.

Kata Kunci: Rantai Pasokan, Cacat, Distribusi, Aliran Material, Monte Carlo.

ABSTRACT

The supply chain is a vehicle for interaction between supplier actors, and producers. Interaction is characterized by the flow of goods from one actor to another, where the flow of goods is influenced by the quality of the goods since the delivery from the supplier, to the producer, until the consumer. This phenomenon results in the quantity of material or goods, that suit the needs is reduced while the flow of goods fulfillment must be adjusted to consumer demand. That condition is important to get serious attention, especially for supply chain planning to measure the supply chain path coefficient, which ensures the needs of each actor can be met. This research utilizes quantitative research methods, involving three suppliers, one producer, and one distribution agent (consumer). Observation focuses on attempts to regulate multiple suppliers against a single producer, then manufacturers distribute to distributors, taking into account the capacity and probability of the appearance of defective materials or goods, that happens in the supply chain. The Monte Carlo simulation approach is used to estimate, the number of goods that must be sent from the supplier to the consumer, who pay attention to the volume of shipments of goods, probability of defects, as well as the quantity demanded by consumers. The simulation results show that in order to fulfill, consumer needs based on the suitability of the quality of the goods distributed, then it is important for manufacturers to regulate the flow of goods from suppliers, which is adjusted to the emergence of defects when goods are flowed across the supply chain distribution.

Keywords: Supply Chain, Defect, Distribution, Material Flow, Monte Carlo.

1. PENDAHULUAN.

Pembuatan suatu produk ditentukan oleh tiga aktor yang terdapat pada supply chain, yaitu pemasok, produsen dan konsumen[1]. Kerjasama ketiga aktor tersebut, dihubungkan oleh suatu lintas aliran material, yang disebut distribusi material[2]. Aliran material dipengaruhi oleh kapasitas dan tingkat keberhasilan produk dalam kondisi baik oleh produsen dan konsumen[3]. Distribusi pada penelitian ini merupakan lintas material antar aktor yang dipengaruhi oleh kapasitas dan tingkat penolakan barang oleh konsumen[4], sementara efektivitas merupakan rata-rata jumlah barang yang diterima oleh aktor yang bertindak sebagai konsumen pada suatu rantai pasok[5].

Pada penelitian ini akan diamati suatu obyek yang memasok suatu komoditas bahan baku kepada produsen, selanjutnya bahan baku diproses menjadi suatu produk untuk dikirimkan kepada konsumen. Pola pasokan bahan baku dipengaruhi oleh kapasitas, di mana terdapat dua jenis yaitu tetap dan berubah[2]. Kapasitas tetap merupakan jumlah tertentu yang telah disepakati oleh pemasok dan produsen di mana pemasok akan mengirimkan sejumlah barang kepada produsen dalam waktu yang telah ditetapkan[6]. Kapasitas berubah merupakan variasi jumlah pasokan material di mana pemasok mengikuti variasi permintaan material dari produsen[7]. Kondisi tersebut juga berlaku pada saat produsen memenuhi permintaan konsumen.

Kapasitas sangat dipengaruhi oleh efisiensi produksi. Efisiensi merupakan ukuran kemampuan aktor dalam menghasilkan barang yang mampu terima. Pada supply chain kondisi efisiensi sering dipengaruhi oleh munculnya barang yang tidak berfungsi atau disebut produk cacat, pada dua kondisi yaitu saat akhir produksi dan saat penerimaan oleh konsumen[8]. Munculnya kecacatan pada jalur supply chain pada penelitian ini disebut sebagai efektivitas jalur distribusi. Efektivitas jalur distribusi merupakan ukuran kualitas jalur supply chain di mana semakin besar efektivitas, maka makin banyak material yang mampu diterima produsen, sehingga produsen tidak mengalami berhenti produksi[9].

Jumlah supplier pada supply chain juga sangat berpengaruh pada suatu rantai pasok, karena semakin banyak supplier yang mampu mengirim barang atau material mampu terima, mengakibatkan kelebihan persediaan pada sisi produsen[10]. Fenomena ini

semakin menarik perhatian, karena efektivitas distribusi rantai pasok akan mengakibatkan pada besarnya inventory, pengembalian barang, dan ketidak mampuan memenuhi pesanan. Kondisi tersebut pada akhirnya akan mengakibatkan meningkatnya biaya persediaan yang menjadi ukuran dari efektivitas suatu jalur supply chain[11].

Guna mengukur efektivitas suatu jalur supply chain yang terdiri atas tiga pemasok, satu produsen, serta satu konsumen yang disebut sebagai pasar, maka pada penelitian ini digunakan simulasi monte carlo[12]. Penggunaan simulasi monte carlo diakibatkan kompleksitas yang terdapat pada sisi pemasok, yang dipengaruhi oleh faktor kapasitas dan variasi besarnya jumlah produk bagus yang dihasilkan, serta berbeda pada masing-masing pemasok[13]. Kapasitas pada sisi produsen besarnya bervariasi, bergantung pada permintaan konsumen, serta memperhitungkan pengembalian material kepada konsumen, serta barang yang dikembalikan oleh konsumen[14]. Produsen juga harus memperhitungkan beban yang ditanggung berupa biaya, diantaranya adalah biaya inventory merupakan sisa material atau barang yang belum mampu diserap oleh konsumen[10]. Disamping inventory perusahaan juga harus menanggung biaya akibat barang ditolak oleh konsumen, serta menghadapi resiko bahwa persediaan barang kurang[7].

2. METODE PENELITIAN.

Pada penelitian ini akan diamati tiga aktor yang saling berinteraksi yaitu pemasok, produsen dan konsumen. Pemasok pada penelitian ini merupakan aktor yang menghasilkan bahan baku atau setengah jadi, selanjutnya dikirimkan kepada konsumen. Pada ini jumlah pemasok ada tiga dengan kapasitas sama namun jumlah produk baik yang dihasilkan berbeda. Produsen pada penelitian ini merupakan aktor yang menerima bahan baku atau setengah jadi. Produsen juga melakukan pemeriksaan yang hasilnya barang baik dimasukkan ke gudang, sementara yang tidak layak di kembalikan kepada pemasok. Produsen juga harus memperhitungkan beban biaya yang dihasilkan berupa persediaan, pengembalian barang dari konsumen, dan kekurangan produk. Konsumen merupakan aktor yang menerima produk yang dihasilkan produsen, serta bertindak menyeleksi barang baik maupun layak pakai. Barang tidak layak pakai dikembalikan kepada produsen.

Memperhatikan interaksi antar aktor yang dipengaruhi oleh kapasitas dan material atau barang ditolak, baik konstan maupun bervariasi maka dapat dibuat peta penelitian sebagai berikut.

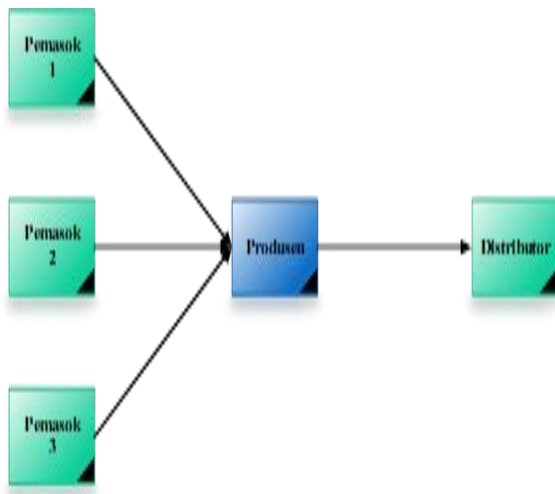
Tabel 1. Road Map Penelitian.

		Lintas Distribusi	
		Dari Pemasok ke Produsen	Dari Produsen ke Konsumen
Kapasitas	Konstan	√	
	Bervariasi		√
Cacat	Konstan		√
	Bervariasi	√	

Pada penelitian ini akan disajikan sebuah simulasi monte carlo dengan memakai skenario aliran dari pemasok kepada produsen menggunakan kapasitas konstan dan produk tidak diterima (reject) bervariasi. Pada sisi distribusi aliran dari produsen ke konsumen memanfaatkan kapasitas dengan jumlah bervariasi, serta reject konstan, sehingga penjelasan langkah dari penelitian ini diraikan sebagai berikut:

Langkah 1. Menentukan Aktor.

Pada penelitian ini aktor yang terlibat adalah tiga pemasok, satu produsen dan satu konsumen, sehingga hubungan antar aktor terlihat pada **Gambar 1**. Parameter yang dipakai pada penelitian ini adalah penentuan jumlah kapasitas dan reject.



Gambar 1. Hubungan Antar Aktor.

Kapasitas pada pemasok ditentukan dengan jumlah unit per hari dengan nilai 30, 50, 70, 90, dan 100. Penentuan jumlah permintaan didasarkan atas pengamatan yang dilakukan selama satu bulan, terhadap tiga pemasok dengan memperhatikan data pengamatan terbanyak muncul (Modus). Data tersebut dipakai, untuk melaksanakan lima kali run simulasi.

Sementara data untuk produk bebas cacat (ditolak pada saat bahan atau barang diterima dibagian inspeksi aktor produsen atau distributor) pengiriman dari pemasok ke produsen memiliki kondisi yang sama yaitu sebesar 70%, 80%, dan 95%, hasil ini dapatkan dari pengamatan selama 30 hari yang dilakukan pada bagian inspeksi dengan cara mengambil data terbanyak yang muncul (Modus), penerimaan bahan baku dari ketiga pemasok di produsen.

Kondisi permintaan dari konsumen setiap harinya berjumlah antara 50, 80, 90, 120, dan 130. Data ini didapatkan dari pengamatan 30 hari di bagian penerimaan barang distributor dengan memperhatikan Modus. Sementara pada tingkat penolakan barang di bagian inspeksi selama tigapuluh hari didapatkan, kemunculannya adalah adalah 1%.

Langkah 2. Membangkitkan Bilangan Random.

Bilangan random dibangkitkan dengan melakukan pengamatan terhadap suatu industri, dan didapat data , selanjutnya dirubah menjadi probabilitas, seperti ditunjukkan pada **Tabel 1**, **Tabel 2**, dan **Tabel 3**.

Tabel 1. Bilangan Random Pemasok 1.

Jumlah Bahan Baku yang Diterima	Frequency	Probability	Sum of probability	Random numbers	
				Begin	End
70%	66	0.431	0.431	0	43.1
80%	27	0.177	0.608	43.2	60.8
95%	60	0.392	1	60.9	99
Total	153				

Tabel 2. Bilangan Random Pemasok 2.

Jumlah Bahan Baku Yang Diterima	Frequency	Probability	Sum of probability	Random numbers	
				Begin	End
70%	50	0.350	0.350	0	35
80%	61	0.430	0.780	36	78
95%	32	0.220	1	79	99
Total	153				

Tabel 3. Bilangan Random Pemasok 3.

Jumlah Bahan Baku yang diterima	Frequency	Probability	Sum of probability	Random numbers	
				Begin	End
70%	50	0.350	0.350	0	35
80%	61	0.430	0.780	36	78
95%	32	0.220	1	79	99
Total	153				

Bilangan random pada jalur produsen ke konsumen dihasilkan, dengan memperhatikan pada permintaan konsumen yang bervariasi, selanjutnya dijumlah untuk mendapatkan probabilitas, untuk diubah menjadi bilangan random, seperti disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Random numbers for producer to consumer.

Daily demand	Probability	Sum of probability	Random numbers	
			Begin	End
70	0.126	0.126	0	12.6
90	0.163	0.289	12.7	28.9
110	0.200	0.489	29.0	48.9
130	0.240	0.729	49.0	72.9
150	0.273	1	73.0	99

Step 3 Menghitung Jumlah Inventory, pengembalian barang, dan stock out

Menentukan jumlah inventory (I_i) dan stock out (O_i) dilakukan dengan menjumlah semua barang yang diterima dari pemasok (S_a) dikurangi permintaan pada periode tertentu (D_i), yang bisa diformulasikan sebagai berikut:

$$I_i/O_i = \sum S_a - D_i \quad (1)$$

Perhitungan jumlah pengembalian barang (R_i) adalah mengalikan fraksi reject (F_i) dikalikan dengan barang yang dihasilkan (P_i). Berikut adalah formulasinya

$$R_i = F_i \times P_i \quad (2)$$

Step 4 Menentukan biaya

Biaya Inventory (C_s) ditentukan dengan cara mengalikan jumlah persediaan (I_i) dengan biaya penyimpanan per periode (E_i / unit/ period), dengan menggunakan formula

$$C_s = I_i \times E_i \quad (3)$$

Biaya Stock Out (C_o) ditentukan dengan cara mengalikan kekurangan persediaan (O_i) dengan biaya mengganti kerugian kepada konsumen (E_c), berikut adalah formulanya

$$C_o = O_i \times E_c \quad (4)$$

Biaya pengembalian produk (C_r) ditentukan dengan cara mengalikan jumlah pengembalian barang (R_i) dengan biaya penggantian barang (E_g), sehingga bisa dibentuk menjadi rumus sebagai berikut

$$C_r = R_i \times E_g \quad (5)$$

Step 5 Melakukan run simulasi

Simulasi dilakukan sebanyak lima kali (satu run berisi duapuluh kali simulasi) dengan cara mengganti-ganti kapasitas dari pemasok, dengan jumlah 40, 50, 60, 70, dan 80 unit., selanjutnya dilakukan rekapitulasi jumlah biaya setiap hari. Sementara efektifitas (E_f) dari lintas akan dihitung berdasar rata-rata pengiriman dari setiap supplier (T_i) dari lima kali simulasi dibagi total rata-rata pengiriman dari tiga supplier ($\sum T_i$). Hal yang sama akan dilakukan pula pada lintas pengiriman dari produsen ke konsumen, berikut adalah formula yang dipakai untuk menghitung efektifitas lintas jalur supply chain.

$$E_f = \frac{T}{\sum T_i} \quad (6)$$

Step 7 Analisa.

Pada tahap ini dilakukan analisa varian faktor tunggal terhadap hasil simulasi dengan langkah sebagai berikut:

- Menentukan hipotesis
 - $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ (rata-rata hasil distribusi biaya dari produsen ke konsumen tidak memiliki perbedaan secara signifikan)
 - $H_0 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (rata-rata hasil distribusi biaya dari produsen ke konsumen memiliki perbedaan secara signifikan)
- Menentukan F hitung (F_{comp}) dan F tabel (F_{tab})

Tingkat pengujian yang dipakai pada penelitian ini adalah 0.05, dengan derajat kebebasan numerator (df) sebesar jumlah run simulasi dikurangi 1 yaitu $5 - 1 = 4$, sementara derajat kebasan pada denominator didapat dari jumlah data (lima run di mana satu run terdiri atas tigapuluh kali simulasi) dikurangi dengan jumlah run simulasi yaitu $(5 \times 10) - 5 = 45$. Selanjutnya dilakukan penentuan indeks kritis penerimaan dengan menggunakan *microsoft excel* $F_{tab} = 2.578$. Keputusan untuk menerima H_0 dilakukan apabila $F_{tab} > F_{comp}$
- Perhitungan analisa varian

Penentuan hasil analisa varian dilakukan dengan menggunakan *microsoft excel*.
- Pengujian hasil

Pada bagian ini dilakukan perbandingan antara F_{tab} dengan F_{comp}
- Kesimpulan

Memberikan pandangan terhadap hasil akhir dari pengujian menggunakan analisis varian

3. Hasil dan Diskusi.

Simulasi dilakukan sebanyak lima kali, di mana pada satu simulasi dilakukan pengamatan sebanyak 30 hari pengiriman dari jalur pemasok kepada produsen, juga dari produsen ke konsumen. Hasil simulasi pertama dari supplier 1 ke producer diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Supplier 1 simulation.

Simulation	Production	Random			Probability			Sum of goods		
		Number	Deliver	Return	Deliver	Return	Income			
1	40	4	0,7	0,3	28	12	176			
2	40	48	0,8	0,2	32	8	184			
3	40	47	0,8	0,2	32	8	184			
4	40	51	0,8	0,2	32	8	184			
5	40	15	0,7	0,3	28	12	176			
6	40	42	0,8	0,2	32	8	184			
7	40	5	0,7	0,3	28	12	176			
8	40	49	0,8	0,2	32	8	184			
9	40	93	0,95	0,05	38	2	196			
10	40	91	0,95	0,05	38	2	196			
11	40	0	0,7	0,3	28	12	176			
12	40	86	0,95	0,05	38	2	196			
13	40	8	0,7	0,3	28	12	176			
14	40	81	0,95	0,05	38	2	196			
15	40	8	0,7	0,3	28	12	176			
16	40	0	0,7	0,3	28	12	176			
17	40	20	0,7	0,3	28	12	176			
18	40	68	0,8	0,2	32	8	184			
19	40	20	0,7	0,3	28	12	176			
20	40	73	0,95	0,05	38	2	196			
21	40	83	0,95	0,05	38	2	196			
22	40	60	0,8	0,2	32	8	184			
23	40	34	0,7	0,3	28	12	176			
24	40	26	0,7	0,3	28	12	176			
25	40	46	0,8	0,2	32	8	184			
26	40	47	0,8	0,2	32	8	184			
27	40	71	0,8	0,2	32	8	184			
28	40	94	0,95	0,05	38	2	196			
29	40	49	0,8	0,2	32	8	184			
30	40	73	0,95	0,05	38	2	38			
Total							5370			

Hasil simulasi secara keseluruhan dari supplier ke produsen, dan produsen ke konsumen disajikan pada Tabel 6, yang merupakan hasil dari simulasi run pertama.

Data biaya hasil simulasi lima kali ditampilkan pada Tabel 7, dan hasil analisa variace ditampilkan pada Tabel 8

Berdasarkan hasil uji ANOVA terlihat bahwa $F_{tab} > F_{comp}$ sehingga H_0 diterima, sehingga bisa diambil kesimpulan bahwa hasil simulasi sebanyak lima kali tidak memiliki perbedaan yang signifikan, sehingga selanjutnya bisa dihitung efektifitas dari jalur produsen ke konsumen berdasar Tabel 7 didapatkan hasil

Tabel 6. First Run Simulation.

Simulation	Random				Cost									
	Number	Demand	Return	Total	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Total	Inventory	Kumulatif	Inventory	Return	Stock Out	Sum
1	87	150	15	165	176	38	32	246	81	81	81	75	0	156
2	40	110	11	121	184	28	28	240	119	200	119	55	0	174
3	98	150	15	165	184	28	38	250	85	285	85	75	0	160
4	64	130	13	143	184	38	32	254	111	396	111	65	0	176
5	18	90	9	99	176	28	38	242	143	539	143	45	0	188
6	16	90	9	99	176	28	32	236	137	676	137	45	0	182
7	85	150	15	165	176	38	32	246	81	757	81	75	0	156
8	99	150	15	165	184	28	38	250	85	842	85	75	0	160
9	4	70	7	77	196	38	38	272	195	1037	195	35	0	230
10	45	110	11	121	196	28	32	256	135	1172	135	55	0	190
11	92	150	15	165	176	38	32	246	81	1253	81	75	0	156
12	22	90	9	99	196	28	38	262	163	1416	163	45	0	208
13	96	150	15	165	176	38	38	252	87	1503	87	75	0	162
14	79	150	15	165	184	28	28	250	85	1588	85	75	0	160
15	99	150	15	165	176	32	32	240	75	1663	75	75	0	150
16	83	150	15	165	176	38	38	252	87	1750	87	75	0	162
17	42	110	11	121	176	28	32	236	115	1865	115	55	0	170
18	77	150	15	165	184	32	32	248	83	1948	83	75	0	158
19	60	130	13	143	176	38	32	246	103	2051	103	65	0	168
20	89	150	15	165	184	38	38	260	95	2146	95	75	0	170
21	66	130	13	143	196	38	32	266	123	2269	123	65	0	188
22	70	130	13	143	184	38	38	260	117	2386	117	65	0	182
23	33	110	11	121	176	38	38	252	131	2517	131	55	0	186
24	41	110	11	121	176	38	38	252	131	2648	131	55	0	186
25	42	110	11	121	184	38	38	260	139	2787	139	55	0	194
26	25	90	9	99	184	38	38	260	161	2948	161	45	0	206
27	79	150	15	165	184	28	32	244	79	3027	79	75	0	154
28	19	90	9	99	196	38	32	266	167	3194	167	45	0	212
29	2	70	7	77	184	32	38	254	177	3371	177	35	0	212
30	47	110	11	121	32	32	38	102	-19	3352	0	55	38	93
Total														5249

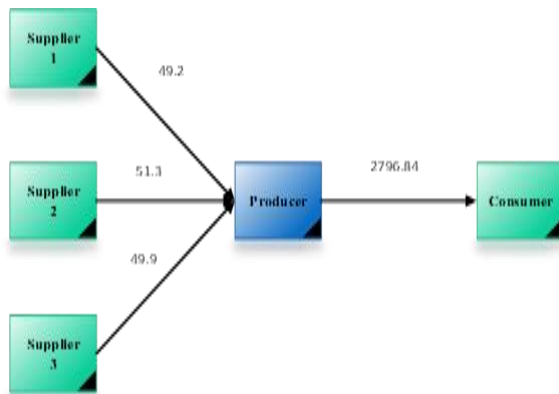
Tabel 7. Simulation result.

Simulation	Result				
	1	2	3	4	5
1	2829	2667	2631	2907	2775
2	2856	2763	3015	2739	2712
3	2943	2721	2838	2922	2868
4	2715	2958	2781	2808	2655
5	2730	2649	2958	2994	2934
6	2889	2853	2748	2664	2697
7	2796	2691	2826	2913	2706
8	2703	3033	2694	2832	2730
9	2691	2847	2730	2787	2565
10	2925	2889	2733	2817	2715

Tabel 8. ANOVA Result.

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	56823,12	4	14205,78	1,181444	0,331814	2,578739
Within Groups	541083,6	45	12024,08			
Total	597906,7	49				

Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa efektifitas pengiriman dari produsen ke konsumen adalah rata-rata 2796.84 produk baik yang bisa terkirim dari produsen ke konsumen dengan efektifitas jalur dari pemasok 1 sebesar 49.2, pemasok 2 sebesar 51.3, dan pemasok 3 sebesar 49.9. Berdasar hasil simulasi maka efektifitas jalur supply chain seperti tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Efektifitas Rantai Pasok

3. KESIMPULAN

Efektifitas pada supply chain sangat dipengaruhi oleh kapasitas dan material atau barang yang dikembalikan oleh konsumen. Pengembalian material penting diperhatikan karena akan menentukan kemampuan dari produsen untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Guna mengukur efektifitas bisa digunakan biaya persediaan, pengembalian, serta ketidak mapuan produsen memenuhi permintaan konsumen, sehingga ukuran tersebut bisa dipakai untuk menilai kondisi suatu supply chain.

the last numbered section of the paper.

Daftar Pustaka

- [1] C. Stephens and D. Wright, "The Contribution of Physical Distribution Management to the Competitive Supply Chain Strategies of Major UK Food Retailers," *Int. J. Logist. Res. Appl.*, vol. 5, no. 1, pp. 91–108, 2002.
- [2] C. Orlis, D. Laganá, W. Dullaert, and D. Vigo, "Distribution with Quality of Service Considerations: The Capacitated Routing Problem with Profits and Service Level Requirements," *Omega (United Kingdom)*, vol. 93, no. xxxx, 2020.
- [3] C. Marinagi, P. Trivellas, and P. Reklitis, "Information Quality and Supply Chain Performance: The Mediating Role of Information Sharing," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 175, pp. 473–479, 2015.
- [4] I. Sila, M. Ebrahimpour, and C. Birkholz, "Quality in supply chains: An empirical analysis," *Supply Chain Manag.*, vol. 11, no. 6, pp. 491–502, 2006.
- [5] J. G. A. J. Van Der Vorst, S. O. Tromp, and D. J. Van Der Zee, "Simulation modelling for food supply chain redesign; Integrated decision making on product quality, sustainability and logistics," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 47, no. 23, pp. 6611–6631, 2009.
- [6] A. Vanichchinchai, "A categorization of quality management and supply chain management frameworks," *Cogent Bus. Manag.*, vol. 6, no. 1, 2019.

- [7] C. J. Robinson and M. K. Malhotra, "Defining the concept of supply chain quality management and its relevance to academic and industrial practice," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 96, no. 3, pp. 315–337, 2005.
- [8] G. Carmignani, "Supply chain and quality management: The definition of a standard to implement a process management system in a supply chain," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 15, no. 3, pp. 395–407, 2009.
- [9] D. I. Prajogo, P. McDermott, and M. Goh, "Impact of value chain activities on quality and innovation," *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 28, no. 7, pp. 615–635, 2008.
- [10] G. Schuh, M. Schenk, and N. Servos, "Design of a Simulation Model for the Assessment of a Real-time Capable Disturbance Management in Manufacturing Supply Chains," *Procedia Manuf.*, vol. 3, no. Ahfe, pp. 425–432, 2015.
- [11] B. Huo, Y. Ye, X. Zhao, and K. Zhu, "Supply chain quality integration: A taxonomy perspective," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 207, pp. 236–246, 2019.
- [12] F. T. S. Chan, N. K. H. Tang, H. C. W. Lau, and R. W. L. Ip, "A simulation approach in supply chain management," *Integr. Manuf. Syst.*, vol. 13, no. 2, pp. 117–122, 2002.
- [13] G. Brinza, "Simulation and Optimization in Supply Chain," *Procedia Econ. Financ.*, vol. 3, no. 12, pp. 635–641, 2012.
- [14] G. Schuh, M. Schenk, and N. Servos, "Design of a Simulation Model for the Assessment of a Real-time Capable Disturbance Management in Manufacturing Supply Chains," *Procedia Manuf.*, vol. 3, no. Ahfe, pp. 425–432, 2015.