

# MODEL SIMULASI UNTUK PENYELESAIAN PROBLEM INTEGRASI PRODUKSI-DISTRIBUSI

Annisa Kesya Garside<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Malang  
Alamat Korespondensi : Jl. Sulfat 1080 Bunulrejo Blimbing Malang  
Telpon: 0341-471530, 476505, Email: annisa\_garside@yahoo.com

## ABSTRACT

The analytical model to solve the integration-production-distribution problem has drawback of not able to accommodate the uncertainty of supply chain. This research aims to develop a simulation model to obtain a production and distribution plan that not only minimize the production and distribution cost but also implementable in the real world situation.

The steps of the research includes data generation, analytical model formulation and solution model search, deterministic simulation model design based on generated data and analytical solution model, verification test, running deterministic simulation model, validation test, stochastic simulation model design by incorporating uncertainty factor in terms of probabilistic production time and vehicle speed and validation of analytical solution model to determine whether the analytical model solution is worth to be implemented.

The deterministic simulation and stochastic models were designed with ARENA simulation software. Based on the stochastic running model, the total time for period one is higher than 48 available hours so concluded that analytical solution model is not worth implemented.

**Keywords:** supply chain, production-distribution integration, analytical model, simulation model, deterministic, stochastic, ARENA software

## PENDAHULUAN

*Supply Chain Management* (SCM) adalah manajemen aliran material dan informasi yang berlangsung didalam dan diantara fasilitas-fasilitas seperti supplier, pabrik manufaktur, pabrik perakitan dan *Distribution Center* (DC). Proses utama dalam sebuah *Supply Chain* (SC) adalah perencanaan produksi dan distribusi. Persaingan yang ketat dan pasar global telah mendorong perusahaan untuk mengurangi biaya operasi dan persediaan di sepanjang SC sehingga membawa hubungan yang lebih dekat diantara fungsi produksi dan distribusi (Chen, 2004).

Mengembangkan model matematis dalam bentuk *Mixed Integer Programming* (MIP) untuk problem integrasi produksi-distribusi pada sebuah *supply chain* yang memiliki karakteristik banyak produk yang dapat dipenuhi dari banyak pabrik, horizon perencanaan lebih dari satu periode, pengiriman produk dilakukan secara langsung ke DC dan melibatkan batasan kendaraan dalam

modelnya. Model MIP yang dikembangkan tersebut memiliki kelemahan kurang mampu mengakomodasi ketidakpastian yang ada didalam SC karena data-data yang ada bersifat *deterministik*, sebagai contoh waktu pembuatan produk dan waktu pengiriman dari pabrik ke DC diasumsikan diketahui dengan pasti nilainya sedangkan realita menunjukkan berbagai faktor ketidakpastian dapat mempengaruhi waktu diantaranya menunggu (*delay*), mengantri, kerusakan mesin, kerusakan kendaraan, ketrampilan dan konsistensi kerja operator dan faktor lingkungan (cuaca, macet).

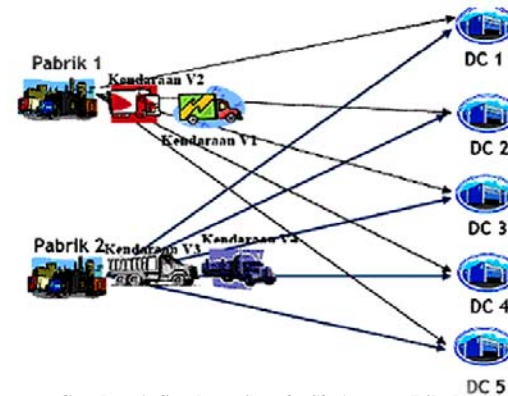
Simulasi telah terbukti sebagai alat evaluasi performansi yang efektif dan alat pemodelan untuk sistem stokastik di dunia nyata yang sangat kompleks (Fahimnia *et al.*, 2008). Model simulasi memiliki kelebihan dalam menirukan tingkah laku sebuah sistem yang sesuai untuk masalah-masalah yang kompleks. Berdasarkan kelemahan-kelemahan model MIP dan kelebihan model simulasi maka penelitian ini bertujuan mengembangkan model simulasi untuk problem

integrasi, produksi, distribusi dalam Annisa (2008), sehingga solusi rencana produksi dan distribusi yang diperoleh tidak hanya meminimalkan biaya produksi dan distribusi namun juga layak di implementasikan karena berbagai faktor ketidakpastian yang berlangsung dalam *supply chain* diakomodasi dalam model simulasi.

## METODELOGI PENELITIAN

### a. Generate data untuk problem integrasi produksi-distribusi

Penelitian ini, problem integrasi produksi-distribusi akan dimodelkan pada sebuah *supply chain* yang memiliki 2 pabrik. Pabrik dapat memproduksi masing-masing maksimal 2 produk dan mengirimkannya secara langsung ke lima DC dengan menggunakan kendaraan yang ada di pabrik tersebut. Horizon perencanaan yang dipertimbangkan adalah 3 periode dimana masing-masing memiliki rentang waktu 48 jam.



Gambar 1. Struktur *Supply Chain* yang Dibahas

Data-data yang dibutuhkan untuk mendapatkan solusi dari model analitis dalam bentuk MIP yang dikembangkan, dibangkitkan secara random dengan bantuan MS Excel adalah : (1) permintaan tiap produk di tiap DC dalam satu periode, (2) kapasitas tiap kendaraan, (3) kapasitas produksi di tiap pabrik, (4) waktu produksi produk ke-k, (5) persediaan akhir minimum dan maksimum tiap produk di tiap pabrik, (6) persediaan akhir minimum dan maksimum tiap produk di tiap DC, (7) biaya produksi, biaya simpan di pabrik, biaya simpan di DC dan biaya *set up* di pabrik, (8) biaya pengiriman tiap kendaraan dalam satu jam secara reguler dan *over time*, dan (9) waktu pengiriman dari tiap pabrik ke tiap DC dengan menggunakan kendaraan tertentu.

### b. Formulasi model analitis dan pencarian solusi model

Langkah selanjutnya adalah membuat formulasi model analitis dengan mengacu model MIP yang dikembangkan berdasarkan struktur SC dan data-data hasil *generate*. Pencarian solusi model dibantu dengan menggunakan *software* LINGO yang dijalankan pada *Prosesor Intel Celeron* 1500 Mhz dengan memori 240 MB RAM..

### c. Perancangan model simulasi *deterministik*

Simulasi ini diasumsikan semua faktor ketidakpastian diabaikan sehingga input data diketahui dengan pasti nilainya. Untuk mengembangkan model simulasi *deterministik* ini didasarkan pada data-data sebagai berikut :

- Hasil *Generate* data untuk problem integrasi produksi-distribusi yaitu data waktu produksi produk ke-k, waktu pengiriman dari pabrik ke DC, dan permintaan tiap produk di tiap DC.
- Solusi model analitis berupa keputusan : (1) jumlah produksi produk ke –k oleh pabrik i pada periode ke-t, (2) persediaan akhir produk ke-k di pabrik ke-i pada periode ke-t, (3) kuantitas produk ke – k yang dikirimkan dari pabrik i menuju DC ke-j oleh *transporter v* dalam periode ke-t (4) jumlah perjalanan dengan pengiriman langsung dari pabrik i menuju DC ke-j oleh *transporter v* dalam periode ke-t, dalam penelitian ini model simulasi dirancang menggunakan *software* simulasi ARENA.

#### d. Uji verifikasi

*Verifikasi* merupakan proses memeriksa penjerjemahan model simulasi konseptual (diagram alur dan asumsi) ke dalam bahasa pemrograman secara benar (Kelton, 2000). Uji *verifikasi* dilakukan dengan bantuan *software* ARENA dengan memanfaatkan fasilitas *Run - Check Model*. Jika hasil pengujian memberikan pesan “*No Error in Model*” maka model yang dibuat sudah *verify*.

#### e. Running model simulasi deterministik

Setelah model simulasi yang dibuat telah terverifikasi maka langkah selanjutnya adalah menjalankan model simulasi dengan program ARENA sesuai dengan periode waktu pada tiap problem.

#### f. Uji validasi

Validasi bertujuan menentukan apakah model simulasi yang dibuat telah merepresentasikan sistem nyatanya secara akurat (Kelton, 2000). Hasil *running* dapat diketahui total waktu yang dibutuhkan untuk produksi dan distribusi dalam 1 periode tertentu. Total waktu tersebut akan dibandingkan dengan total waktu pada sistem nyata. Model simulasi *deterministik* dikatakan valid jika penyimpangan total waktunya d” 5% dibanding total waktu sistem nyatanya.

#### g. Perancangan model simulasi stokastik

Model simulasi *deterministik verify* dan valid maka langkah selanjutnya adalah merancang model simulasi stokastik dengan mempertimbangkan ketidakpastian yang ada dalam SC. Model kemudian *dirunning* untuk mendapatkan total waktu produksi dan distribusi pada tiap periode perencanaan. Penelitian ini, *running* model simulasi stokastik akan dilakukan replikasi sebanyak 10 kali.

#### h. Validasi solusi model analitis

Berdasarkan solusi model simulasi *stokastik* maka dapat diketahui apakah solusi model analitis layak atau tidak diimplementasikan. Jika solusi total waktu model simulasi *stokastik* pada suatu periode d” total waktu yang tersedia pada suatu periode sebesar 48 jam, maka solusi model analitis dikatakan layak.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Solusi numerik dari model analitis

Menggunakan bantuan *Software* LINGO diperoleh solusi model analitis ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. Tabel 1 memberikan informasi (1) keputusan pabrik memproduksi atau tidak sebuah produk dalam suatu periode tertentu, dari tabel 1 dapat dilihat bahwa P1 akan membuat produk I1 dan I2 selama kurun waktu tiga periode; (2) berapa banyak produk yang harus dibuat, sebagai contoh pada periode satu pabrik 1 harus membuat produk I1 sebanyak 1752 unit dan 4355 unit Produk I2; (3) jumlah persediaan masing-masing produk dimasing-masing pabrik, sebagai contoh jumlah persediaan di akhir periode kesatu untuk produk I1 adalah sebanyak 333 unit di pabrik P1.

Tabel 1. Jumlah Produksi dan Persediaan di Masing-Masing Pabrik (dalam unit)

Pabrik	Produk	Periode	Keputusan Produksi	Jml Produksi	Persediaan	Min persediaan
P1	1	1	√	1752	333	333
		2	√	1620	333	333
		3	√	2828	333	333
	2	1	√	4355	325	325
		2	√	3527	325	325
		3	√	2440	325	325
P2	1	1	√	3047	333	333
		2	√	1330	333	333
		3	-	-	333	333
	2	1	√	1679	325	325
		2	-	-	325	325
		3	-	-	325	325

Tabel 2 memberikan informasi mengenai awal dan akhir perjalanan yang dilakukan oleh masing-masing kendaraan, jumlah perjalanan/pengiriman dan kuantitas produk yang harus dikirim oleh masing-masing kendaraan tersebut.

Tabel 2. Jumlah dan Kuantitas Pengiriman dari Pabrik ke DC dengan Model Simultan untuk Problem 1

Kendaraan	Periode	Pabrik - DC	Jumlah Pengiriman (x kali)	Karakteristik Pengiriman		
				Jenis Produk	Volume Produk (m <sup>3</sup> )	Kuantitas (unit)
V2	1	P1-D1	1	I1	1	75
				I2	1	866
V1	1	P1-D2	2	I1	1	286
				I2	1	1632
V3	1	P2-D3	1	I1	1	804
				I2	1	720
V4	1	P2-D4	1	I1	1	580
				I2	1	634
V2	1	P1-D5	2	I1	1	1058
				I2	1	1002
V4	1	P2-D1	1	I1	1	1330

Kendaraan		Periode	Pabrik - DC	Jumlah Pengiriman (x kali)	Karakteristik Pengiriman		
Jenis	Kap (m <sup>3</sup> )				Jenis Produk	Volume Produk (m <sup>3</sup> )	Kuantitas (unit)
V2	1155	1	P1-D3	1	I2	1	530
V2	1155	2	P1-D1	1	I1	1	394
V1	985	2	P1-D2	1	I1	1	343
V2	1155	2	P1-D3	1	I1	1	568
V4	1330	2	P2-D4	1	I1	1	1330
V1	985	2	P1-D4	1	I2	1	904
V2	1155	2	P1-D5	1	I1	1	315
V2	1155	2	P1-D5	1	I2	1	840
V2	1155	3	P1-D1	1	I1	1	997
V2	1155	3	P1-D1	1	I2	1	158
V1	985	3	P1-D2	1	I1	1	455
V2	1155	3	P1-D3	1	I1	1	506
V2	1155	3	P1-D3	1	I2	1	649
V1	985	3	P1-D4	1	I1	1	129
V2	1155	3	P1-D5	1	I1	1	741
V2	1155	3	P1-D5	1	I2	1	414

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kendaraan V2 pada periode kesatu akan menempuh satu kali perjalanan dari P1 ke D1 dengan membawa I1 sebanyak 75 unit dan I2 sebanyak 866. Jika dibandingkan dengan kapasitas kendaraan V2 sebesar 1155 m<sup>3</sup>, maka kedua produk tersebut cukup untuk dimuat dalam satu kali perjalanan. Solusi perjalanan lain yang harus dilakukan kendaraan V2 dan kendaraan lainnya untuk problem 1 juga dapat dilihat pada tabel 2, sebagai contoh kendaraan V2 akan melakukan tiga jenis perjalanan yaitu P1 - D1, P1 - D3 dan P1 - D5 pada periode kesatu.

#### b. Model simulasi deterministik

Berdasarkan solusi model analitis pada Tabel 1 dan 2 dijadikan input dalam membuat model simulasi dengan tujuan menggambarkan urutan proses produksi dan distribusi secara real yang tidak

mampu diakomodasi oleh model analitis diantaranya :

- Pengiriman/distribusi produk dari pabrik ke DC tidak dimulai pada saat t = 0 karena harus menunggu sejumlah produk 1 dan produk 2 diproduksi terlebih dahulu.
- Pengiriman ke sebuah DC dengan menggunakan kendaraan tertentu harus menunggu sampai kedua produk selesai diproduksi jika terjadi *konsolidasi* pengiriman dalam bentuk penggabungan produk 1 dan 2 dalam satu kendaraan (sebagai contoh produk 1 selesai pada t = 9 dan produk 2 selesai pada t = 15 maka pengiriman baru bisa dilaksanakan setelah t = 15), pada model analitis hanya menghitung total waktu untuk membuat kedua produk tanpa mempertimbangkan urutan waktu tersebut.
- Kendaraan tidak tersedia setiap saat, hal ini menunjukkan pengiriman ke DC tertentu dengan menggunakan kendaraan harus

menunggu jika kendaraan yang sama tersebut masih bertugas untuk mengirimkan produk ke DC yang lain (meskipun produk yang akan dikirim ke DC tertentu tersebut sudah selesai diproduksi).

#### c. Hasil *running* model simulasi deterministik

Model simulasi ARENA telah *terverifikasi* maka *dirunning* sesuai periode waktu. Dari *running* tersebut diketahui total waktu yang dibutuhkan untuk melakukan produksi dan distribusi sesuai inputan dari model analitis pada masing-masing

periode sebesar 48 jam pada periode 1; 40,889 jam pada periode 2; dan 45,36 jam pada periode 3.

#### d. Hasil Uji Validasi Model

Penelitian ini, uji validasi dilakukan dengan membandingkan total waktu tiap periode yang dihasilkan model simulasi pada **sub bab 3.3** dengan total waktu tiap periode dari system nyata yang disimulasikan dengan bantuan Excel seperti ditunjukkan pada Tabel 3, dari perbandingan dapat dilihat bahwa total waktu hasil simulasi tepat sama dengan sistem nyata sehingga model simulasi ARENA yang dirancang telah valid dan mampu menirukan perilaku sistem nyata.

Tabel 3. Simulasi Sistem Nyata dengan MS Excell

Periode	Pabrik	Produk	Jumlah Klien / Prod.	Waktu prod.	Selesai prod.	DC	V	Waktu pengiriman	Waktu awal kirim	Selesai kirim	Produk	Kirim	Produk dikirim
1	1	1	286	2.86	2.86	D2	V1	(NUNGGU PRODUK 2)					
			75	0.75	3.61	D1	V2	(NUNGGU PRODUK 2)					
			1058	10.58	14.19	D5	V2	1.82	14.19	15.21	1 BATCH	P1 1058	
		333	3.33	17.52						1752			
		689	6.89	22.415	D2	V1	1.44	22.43	23.853	1 BATCH	P1 286+P2 689		
		933	9.33	28.844	D2	V1	1.44	28.844	30.284	1 BATCH	P2 933		
	2	1	2	866	8.662	35.896	D1	V2	1.55	35.066	36.556	1 BATCH	P1 75 + P2 866
				536	5.36	38.716	D3	V2	2.51	38.716	41.236	1 BATCH	P2 536
				1802	18.02	45.725	D5	V2	1.82	45.725	46.745	1 BATCH	P2 1802
		325	3.25	48.989						4855			
		804	8.04	8.844	D3	V3	(NUNGGU PRODUK 2)						
		1330	13.30	23.474	D1	V4	2.72	23.474	26.194	1 BATCH	P1 1330		
2	1	2	586	5.86	29.854	D4	V4	(NUNGGU PRODUK 2)					
			333	3.33	33.217						3047		
			726	7.26	38.917	D3	V3	2.71	38.917	41.627	1 BATCH	P1 804+P2 726	
	624	6.24	45.672	D4	V4	2.85	45.672	46.522	1 BATCH	P1 586 + P2 624			
	325	3.25	46.1095						1679				
	10 <sup>4</sup>	0.1	0.1	D2	V1	(NUNGGU PRODUK 2)							
2	1	1	394	3.94	4.84	D1	V2	(NUNGGU PRODUK 2)					
			568	5.68	9.72	D3	V2	(NUNGGU PRODUK 2)					
			315	3.15	12.87	D5	V2	(NUNGGU PRODUK 2)					
			333	3.33	16.2						1287		

**Tabel 5. Hasil Running Waktu Model Simulasi Stokastik**

Replikasi	Periode (jam)			Replikasi	Periode (jam)		
	1	2	3		1	2	3
1	47.896	41.242	45.312	6	47.879	40.956	45.469
2	48.022	40.942	45.512	7	48.069	40.947	45.564
3	48.200	40.765	45.269	8	48.142	40.773	45.479
4	48.000	41.128	45.275	9	49.289	39.626	45.286
5	47.800	40.913	45.159	10	47.915	40.758	45.371
Rata-Rata Waktu (jam)							
	48.121	40.805	45.370				

Tabel 5 dapat dilihat bahwa rata-rata total waktu dari 10 replikasi pada *running* model simulasi *stokastik* tidak jauh berbeda dengan model *deterministik*. Perbedaan terbesar hanya pada periode 1 dan menunjukkan bahwa dengan input waktu produksi dan kecepatan kendaraan yang *stokastik* maka solusi model analitis yang layak sekarang menjadi tidak layak lagi karena pada periode 1 dibutuhkan waktu lebih dari 48 jam atau tepatnya sebesar 48,1213 jam.

**f. Pembahasan**

Model analitis untuk problem integrasi produksi-distribusi yang dikembangkan oleh Annisa (2008) bertujuan untuk meminimalkan total biaya yang meliputi biaya produksi tetap dan variabel, biaya persediaan di pabrik dan DC serta biaya pengiriman secara reguler dan *overtime*. Implementasi model analitis tersebut dilakukan pada sebuah *Supply Chain* yang terdiri dari 2 pabrik dan 5 DC dan hasil *running* dengan *software* LINGO menunjukkan solusi global optimum, hal ini menunjukkan model analitis menghasilkan solusi rencana produksi-distribusi yang meminimalkan biaya-biaya tersebut seperti ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2,

Namun solusi tersebut memiliki kelemahan jika diimplementasikan di realita karena formulasi model analitis yang dikembangkan tidak mempertimbangkan berbagai faktor ketidakpastian yang berlangsung dalam sebuah SC yang dapat mempengaruhi waktu produksi dan pengiriman diantaranya kegiatan menunggu (*delay*) dan mengantri, kerusakan mesin, kerusakan kendaraan, ketrampilan dan konsistensi kerja operator yang bervariasi dan pengaruh faktor lingkungan (cuaca, macet).

Model simulasi dikembangkan untuk mengakomodasi ketidakpastian yang berlangsung dalam SC sehingga input waktu produksi dan waktu pengiriman (dalam penelitian ini direpresentasikan dengan kecepatan kendaraan) memiliki karakteristik *probabilistik* dalam bentuk distribusi normal seperti ditunjukkan pada Tabel 4. Selain itu kelebihan model simulasi dalam menirukan tingkah laku sebuah sistem dapat diterapkan sehingga proses produksi dan pengiriman dapat mendekati kondisi realita diantaranya : (1) Pengiriman/ distribusi produk dari pabrik ke DC tidak dimulai pada saat  $t = 0$ ; (2) Kendaraan tidak tersedia setiap saat; dan (3) Pengiriman ke sebuah DC dengan menggunakan kendaraan tertentu harus menunggu sampai kedua produk selesai diproduksi jika terjadi konsolidasi pengiriman.

Model simulasi *deterministik* dan *stokastik* dirancang dengan menggunakan *software* ARENA dan hasil *running* menunjukkan solusi total waktu tiap periode pada model simulasi *stokastik* tidak jauh berbeda dengan model *deterministik* seperti ditunjukkan pada pada tabel 5. Perbedaan terbesar hanya pada periode 1 dengan waktu yang dibutuhkan lebih dari 48 jam atau tepatnya sebesar 48.1213 jam. Hal ini menunjukkan solusi model analitis yang layak sekarang menjadi tidak layak lagi, karena mempertimbangkan input waktu produksi dan kecepatan kendaraan yang *probabilistik*.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**a. Kesimpulan**

- Model Simulasi untuk problem Integrasi produksi – distribusi ditunjukkan pada gambar 2.

Periode	Pabrik	Produk	Jumlah Krim. Prod.	Waktu prod.	Selesai prod.	DC	V	Waktu pengiriman	Waktu awal kirim.	Selesai kirim.	Produk	Kirim	Produk dikirim		
2	1	2	317 <sup>37</sup>	2.219	18.419	D2	V1	1.44	18.419	19.859	3202	1 BATCH	P1.345 – P2.642		
			904	8.328	24.747	D4	V1	2.24	24.747	26.987		2 BATCH	P2.994		
			763	5.327	30.074	D1	V2	1.55	30.074	31.624		1 BATCH	P1.394 – P2.781		
			386	2.66	32.734	D3	V2	2.51	32.734	35.244		1 BATCH	P1.588 – P2.380		
			846	5.88	38.614	D5	V2	1.82	38.614	39.634		1 BATCH	P1.315 – P2.840		
			335	2.275	40.889	<sup>3</sup> Dianalisis dari ter periode 1 sebagai produksi 642-325									
	2	3	3	1330	14.65	14.65	D1	V4	2.72	14.65	17.37	1330	1 BATCH	P1.1330	
				123 <sup>2</sup>	1.22	1.22	D2	V1							
				129	1.29	2.51	D4	V1							
				997	9.97	12.48	D1	V2							
				506	5.06	17.54	D3	V2							
				743	7.41	24.95	D5	V2							
333	3.33	28.28	<sup>2</sup> Dianalisis dari ter periode 2 sebagai produksi 455-333							2495					
2	1	3	36 <sup>8</sup>	0.366	28.546	D2	V1	1.44	28.546	29.986	3495	1 BATCH	P1.455 – P2.383		
			856	5.992	34.538	D4	V1	2.24	34.538	36.778		1 BATCH	P1.129 – P2.856		
			158	1.586	35.644	D1	V2	1.55	35.644	37.194		1 BATCH	P1.897 – P2.358		
			648	4.542	40.187	D3	V2	2.51	40.187	42.697		1 BATCH	P1.596 – P2.649		
			434	2.898	45.085	D5	V2	1.82	45.085	46.105		1 BATCH	P1.741 – P2.414		
			325	2.275	46.36	<sup>4</sup> Dianalisis dari ter periode 2 sebagai produksi 363-325								2115	

Keterangan : Total waktu pada setiap periode diperoleh dengan memilih total waktu produksi dan pengiriman yang paling lama diantara pabrik-pabrik yang ada (dari tabel 3. ditunjukkan dengan angka yang dicetak tebal), diperoleh total waktu produksi dan pengiriman system nyata problem 1 adalah : (1) Periode 1 sebesar 48 jam, (2) Periode 2 sebesar 40,889 jam dan (3) Periode 3 sebesar 45.36 jam.

**e. Perancangan Model Simulasi Stokastik**

Memanfaatkan kelebihan model simulasi dalam menirukan tingkah laku sebuah sistem dan mengakomodasi ketidakpastian, maka model simulasi *deterministik* yang telah dikembangkan dimodifikasi untuk memasukkan faktor ketidakpastian pada waktu produksi dan pengiriman. Tabel 4 menunjukkan perbedaan input untuk kedua model simulasi tersebut.

**Tabel 4. Perbedaan Input pada Model Simulasi Deterministik dan Stokastik**

Jenis Data	Input Data (jam)	
	Deterministik	Stokastik
Waktu Produk 1 di pabrik 1	0.01	Normal dengan $\mu = 0.01 \sigma = 0.002$
Waktu Produk 2 di pabrik 1	0.007	Normal dengan $\mu = 0.007 \sigma = 0.0014$
Waktu Produk 1 di pabrik 2	0.011	Normal dengan $\mu = 0.011 \sigma = 0.0022$
Waktu Produk 2 di pabrik 2	0.0075	Normal dengan $\mu = 0.0075 \sigma = 0.0015$
Kecepatan kendaraan (km/jam)	40	Normal dengan $\mu = 40 \sigma = 5$

Berdasarkan distribusi waktu produksi dan kecepatan kendaraan pada tabel 4, maka model simulasi *stokastik* dirancang dengan menggunakan *software* ARENA. Selanjutnya model *running*

dengan replikasi sebanyak 10 kali dan hasilnya ditunjukkan pada tabel 5.

- Memasukkan faktor ketidakpastian berupa waktu produksi dan kecepatan kendaraan yang probabilistik diperoleh solusi model analitis menjadi tidak layak karena total waktu periode 1 melebihi total waktu yang tersedia dalam 1 periode yaitu sebesar 48 jam.

**b. Saran**

Dikembangkan algoritma *hybrid* yang menggabungkan model analitis dan simulasi sehingga solusi problem integrasi produksi – distribusi yang diperoleh tidak saja optimal tapi juga layak diimplementasikan di realita karena mempertimbangkan berbagai faktor ketidakpastian.

**DAFTAR PUSTAKA**

Annisa, K.G., 2008. “Model Simultan dan Decoupled untuk Penyelesaian Problem Integrasi Produksi-Persediaan-Distribusi-Persediaan”, *Jurnal Teknik Industri - Universitas Kristen Petra*, Vol. 10 No.1.

Chen, Z.L., 2004. “Integrated Production and Distribution Operations : Taxonomy, Models, Review”, *Handbook of Quantitative Supply chain Analysis : Modelling in the E-Business Era*, Kluwer Academic Publishers.

Fahimnia, B.; Lee L. dan Romeo M., 2008. “ Optimization/Simulation Modeling of The Integrated Production-Distribution Plan : An Innovative Survey “, *WSEAS Transactions on Business and Economics*, issue 3, vol. 5.

Kelton, W. David. 2000. *Simulation with ARENA*, McGraw Hill Companies, 2nd edition.

Lee, Y.H. dan Sook H.K. 2002. “ Production-Distribution Planning in Supply Chain Considering Capacity Constraint “, *Computer and Industrial Engineering*, 43.

Thomas, D.J. and Paul M.G., 1996. “Coordinated Supply Chain Management”, *European Journal of Operational Research*, 94, 1- 15.