

**Pemodelan Sistem Dinamis Untuk Meningkatkan Produktivitas di CV. ABC*****Dynamic System Modeling to Increase Productivity at CV. ABC***Dyah Lintang Trenggonowati<sup>1)</sup>, Rurry Patradhiani<sup>2)</sup>, Kulsum<sup>3)</sup><sup>1,3)</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah PalembangE-mail: dyahlintang@untirta.ac.id<sup>1)</sup>, patradh24@gmail.com<sup>2)</sup>, kulsum@untirta.ac.id<sup>3)</sup>

---

---

**Abstrak**

CV. ABC merupakan industri yang bergerak pada bidang percetakan yang mana produk stiker menempati permintaan yang paling tinggi. Hal ini sebanding dengan jumlah produk cacat yang terjadi juga menempati posisi yang paling tinggi. Kondisi ini membuat produktivitas dan keuntugan perusahaan tidak optimal. Metode pemodelan dan simulasi sistem dinamis dilakukan untuk mensimulasikan jumlah produk cacat dan kerugian yang terjadi di CV. ABC ini. Penelitian diterapkan untuk mensimulasikan kondisi non stasioner (dinamis) dari sistem. Dalam melakukan pemodelan dan simulasi sistem dinamis ini, peneliti membuat dua alternatif skenario perbaikan, yaitu dengan menggunakan mesin semi otomatis dan melakukan peramalan (*forecasting*) untuk menentukan produksi setiap minggunya. Hasil simulasi dari pemilihan skenario terbaik menunjukkan keuntungan meningkat sebesar 8,15% pada kondisi saat ini.

**Kata kunci:** Percetakan, Powersim, Simulasi, Sistem Dinamis.

**Abstract**

CV. ABC is an industry engaged in the printing sector which stickers occupy the highest demand. This is proportional to the number of reject products that also occupy the highest position. This condition makes the productivity and profitability of CV. ABC is not optimal. Dynamic system modeling and simulation methods are proposed to simulate the number of defective products and losses that occur in CV. This ABC. The research was conducted to simulate the non-stationary (dynamic) conditions of the system. In modeling and simulating this dynamic system, the researcher created two alternative improvement scenarios, namely by using a semi-automatic machine and doing it forecasting (forecasting) to determine the production each week. The simulation results from selecting the best scenario show that the profit increases by 8.15% in the existing conditions.

**Keywords:** Printing Industry, Productivity, Simulation, System Dinamics

©Integrasi Universitas Muhammadiyah Palembang  
p-ISSN 2528-741X  
e-ISSN 2654-5551

## Pendahuluan

Produk cacat merupakan permasalahan yang selalu ada pada setiap perusahaan terutama pada perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi. Karena hal tersebut dapat mempengaruhi pemesanan oleh pelanggan. Penyebab adanya produk cacat dikarenakan banyak faktor salah satu faktor ada di proses produksinya seperti kurangnya pemeriksaan dalam memilih bahan, mesin yang kurang perawatan sehingga sering menyebabkan kesalahan dalam mencetak dan memotong produksi akan berjalan jika ada permintaan dari konsumen. Pengaruh cacatnya produk pada perusahaan dapat berdampak kurang baik pada keuntungan serta kepuasan pelanggan.

CV. ABC merupakan industri yang bergerak pada bidang percetakan yang memproduksi stiker, gantungan kunci, *mug*, *totebag* dan kaos. Dari awal berdiri tahun 2014, produk stiker menempati permintaan yang paling tinggi di CV. ABC ini, yaitu sekitar  $\pm 200$  permintaan per bulan. Hal ini sebanding dengan jumlah produk cacat/*reject* yang terjadi juga menempati posisi yang paling tinggi, yaitu  $\pm 514$  buah produk stiker cacat. Kondisi CV. ABC saat ini belum memiliki *storage* untuk menyimpan bahan baku dan barang jadi, hal ini berpengaruh pada kualitas bahan baku dan produk jadi karena memungkinkan bahan baku dalam kondisi yang tidak baik sebelum diproduksi. Disamping itu CV. ABC juga belum memiliki jadwal penerimaan dan pengiriman yang baik, sehingga berpengaruh pada produktivitas pekerjanya. Jumlah pekerja yang minim ditambah dengan permintaan yang banyak dan juga harus selesai sesuai dengan *deadline* pemesanan, membuat para pekerja kurang teliti dan terburu-buru dalam mengerjakannya. Akibatnya banyak produk jadi yang menjadi cacat karena kurangnya pemeriksaan dan ketelitian. Pada akhirnya masalah ini juga yang membuat keuntungan CV. ABC menjadi tidak optimal.

Variabilitas tinggi menyebabkan struktur sistem menjadi lebih kompleks. Pemodelan sistem dinamis menjadi prasyarat untuk penelitian dengan variabilitas tinggi karena dapat membantu proses pemodelan menjadi lebih sederhana

oleh Li dan Wang [1]. Pendekatan simulasi sistem untuk menstandarisasi keluaran otomatis dalam menyajikan hasil simulasi menjadi lebih sederhana dan optimal oleh Barrera [2]. Pendekatan optimasi berbasis simulasi menghasilkan kinerja throughput yang lebih optimal, terutama ketika durasi produksi yang dipertimbangkan lebih lama oleh Dagkakis [3]. Algoritma simulasi mampu mengevaluasi dan membandingkan secara simultan beberapa skenario optimasi untuk sistem produksi oleh Golbasi [4].

Metode pemodelan dan simulasi sistem dinamis diusulkan untuk mensimulasikan jumlah produk cacat dan kerugian yang terjadi di CV. ABC ini. Pemodelan dan simulasi sistem dinamis diterapkan untuk mensimulasikan kondisi non stasioner (dinamis) dari sistem. Perilaku dinamis ini biasanya muncul dari kurangnya kondisi otomatisasi, yang menyebabkan terjadinya variabilitas proses dan kondisi struktur sistem yang kompleks. Pemodelan dan simulasi sistem dinamis tepat digunakan untuk digunakan untuk pekerjaan manual oleh Antonelli [5]. Dalam pemodelan dan simulasi sistem dinamis, kurva produktivitas akan dimasukkan untuk melihat pengaruh produktivitas CV. ABC (jumlah produk cacat) terhadap besarnya kerugian. Selain itu, dalam simulasi permintaan akan mempengaruhi jumlah pekerja yang terlibat dalam proses manual. Dalam melakukan pemodelan dan simulasi sistem dinamis ini, peneliti membuat dua alternatif skenario. Skenario terbaik diharapkan dapat membantu CV. ABC untuk mengoptimalkan keuntungan.

## Metode

Metode sistem dinamis sering digunakan untuk menganalisis sistem dengan sejumlah besar ketergantungan antar komponen. Membuat model sistem dalam metode sistem dinamis berfokus pada identifikasi dan pemodelan hubungan sebab akibat [6], yang sering kali menyertakan koneksi dalam bentuk loop umpan balik. Loop ini menunjukkan efek dari mengubah elemen sistem pada perubahan elemen yang sama di masa mendatang melalui urutan hubungan sebab-akibat. Struktur model sistem dinamis dibangun dengan menggunakan dua kategori komponen dasar,

yaitu level dan aliran. Tingkat mewakili status elemen yang disorot dari sistem, biasanya tempat penyimpanan sumber daya (misalnya gudang bahan, buku pesanan, saldo akun). Aliran adalah aliran masukan atau keluaran yang menentukan perubahan level. Literatur memberikan banyak contoh penerapan model sistem dinamis untuk masalah manajemen produksi. Fondasi untuk aplikasi sistem dinamis untuk pemodelan dan simulasi sistem produksi diberikan oleh Forrester [7], [8] yang membuat model sistem produksi dan distribusi. Edghill dan Towill [9] berurusan dengan pemodelan sistem produksi yang berfokus pada aliran pesanan, bahan dan informasi. Efisiensi sistem produksi berdasarkan sistem kanban adalah subjek penelitian Byrne dan Roberts [10]. Litwin dkk. [11] berdasarkan simulasi sistem dinamis berusaha untuk mengoptimalkan aliran informasi di perusahaan bagaimana dapat berdampak positif pada efisiensi produksi.

### Hasil dan Pembahasan

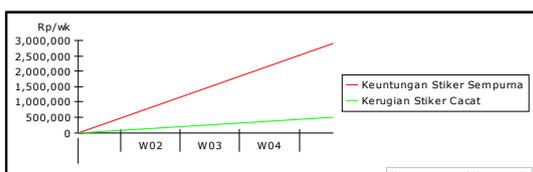
Berikut di bawah ini adalah hasil simulasi menggunakan *Software Powersim*:

#### Stock Flow Diagram

Tabel 1 di bawah ini merupakan output hasil simulasi kondisi sebelum dilakukan perbaikan.

**Tabel 1.** Output Hasil Simulasi *Existing*

Waktu	Rp/wk	
	Keuntungan Stiker Sempurna	Kerugian Stiker Cacat
29 Desember 2018		
6 Januari 2019	485.714,29	85.714,29
13 Januari 2019	1.165.714,29	205.714,29
20 Januari 2019	1.845.714,29	325.714,29
27 Januari 2019	2.525.714,29	445.714,29



**Gambar 1.** Grafik Output Hasil Simulasi *Existing*

Pada Gambar 4 hasil simulasi kondisi *existing* dapat diketahui bahwa dalam satu bulan terdapat 514 buah stiker cacat dan

2685 buah stiker dengan kondisi yang baik. Sedangkan dari Tabel 1 dan Gambar 1 dapat diketahui bahwa dalam satu bulan CV. ABC mengalami kerugian dari stiker cacat sebesar Rp 445.714,- dan pendapatan dari stiker sempurna sebesar Rp. 2.252.714,-.

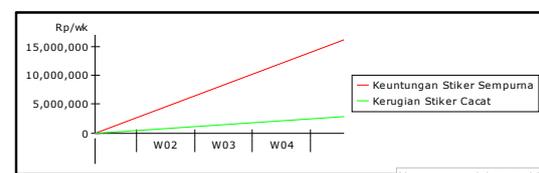
#### Simulasi Skenario Mesin Semi Otomatis

Salah satu penyebab terjadinya banyak produk cacat adalah masih menggunakan mesin konvensional. Hal ini menyebabkan terjadinya banyak variasi (jumlah produk cacat juga berlebih).

Usulan solusi skenario pertama adalah mengganti mesin konvensional menjadi mesin semi otomatis. Mesin semi otomatis yang digunakan pada simulasi ini adalah mesin *jinka721PRO*. Mesin tersebut seharga ± Rp.5.999.000 dengan *material width max* sebesar 720 mm dan memiliki *cutting area max* sebesar 610 mm mesin ini dapat melakukan proses *cutting* dengan kecepatan 800 mm/s dan *maximum cutting force* 500 gr dan *maximum cutting thickness* 1 mm sehingga dapat mendukung proses produksi di CV. ABC agar produk cacat lebih terkendali. Berikut di bawah ini merupakan hasil simulasi dari solusi menggunakan mesin semi otomatis.

**Tabel 2.** Output Hasil Simulasi Skenario Mesin Semi Otomatis

Waktu	Rp/wk	
	Keuntungan Stiker Sempurna	Kerugian Stiker Cacat
29 Desember 2018		
6 Januari 2019	2.685.714,29	473.949,58
13 Januari 2019	6.445.714,29	1.137.478,99
20 Januari 2019	10.205.714,29	1.801.008,40
27 Januari 2019	13.965.714,29	2.464.537,82



**Gambar 2.** Hasil Simulasi Skenario Mesin Semi Otomatis

Pada Gambar 5 hasil simulasi kondisi dengan skenario solusi mesin semi otomatis dapat diketahui bahwa dalam satu bulan terdapat 2844 buah stiker cacat dan 16114 buah stiker dengan kondisi yang baik. Sedangkan dari Tabel 2 dan Gambar 2 dapat diketahui bahwa dalam satu bulan CV. ABC mengalami kerugian dari stiker cacat sebesar

Rp 2.464.537,- dan pendapatan dari stiker sempurna sebesar Rp. 13.965.714,-.

### Simulasi Forecasting

Penyebab yang lain dari permasalahan berupa produk cacat adalah tidak adanya batasan dalam menerima jumlah permintaan. Sedangkan jumlah permintaan yang diterima tidak sesuai dengan tingkat produktivitas yang terdapat pada CV. ABC. Maka perlu dilakukan *forecasting* untuk menyesuaikan atau memperkirakan jumlah dari permintaan dari konsumen. Metode yang digunakan dalam melakukan *forecasting* adalah Metode *Simple Moving Average*. Berikut Tabel 3 di bawah ini merupakan hasil dari *forecasting* permintaan pada CV. ABC.

**Tabel 3.** *Simple Moving Average*

<i>Simple Moving Average (3 Bulan)</i>					
Bulan	Demand	Forecast	Error	Abs Error	Error <sup>2</sup>
12/1/2018	240				
1/1/2019	190				
2/1/2019	210				
3/1/2019	230	214	16	16	256
4/1/2019	180	210	-30	30	900
5/1/2019	200	207	-7	7	49
6/1/2019	210	204	6	6	36
7/1/2019	200	197	3	3	9
8/1/2019	190	204	-14	14	196
9/1/2019	220	200	20	20	400
10/1/2019	190	204	-14	14	196
11/1/2019	200	200	0	0	0
Total				110	2042
MAE		12.222			
MSE		226.889			
1/1/2019		204.000			

Sumber: (data diolah, 2019)

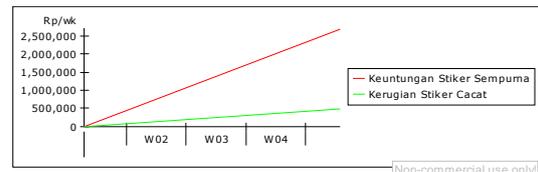
Setelah dilakukan peramalan selanjutnya dilakukan simulasi untuk mengetahui apakah jumlah dari produk cacat yang dihasilkan serta kerugiannya menjadi lebih kecil dari pada kondisi *existing*. Berikut di bawah ini merupakan hasil simulasi yang dilakukan.

**Tabel 4.** Output Hasil Simulasi Skenario *Forecasting*

Waktu	Rp/wk	
	Keuntungan Stiker Sempurna	Kerugian Stiker Cacat
29 Desember 2018		
6 Januari 2019	447.619,05	78.991,60
13 Januari 2019	1.074.285,71	189.579,83
20 Januari 2019	1.700.952,38	300.168,07
27 Januari 2019	2.327.619,05	410.756,30

Pada Gambar 6 hasil simulasi kondisi dengan skenario solusi *forecasting* dapat diketahui bahwa dalam satu bulan terdapat 474 buah stiker cacat dan 2686 buah stiker

dengan kondisi yang baik.



**Gambar 3.** Hasil Simulasi *Forecasting*

Sedangkan dari Tabel 4 dan Gambar 3 dapat diketahui bahwa dalam satu bulan CV. ABC mengalami kerugian dari stiker cacat sebesar Rp 410.756,- dan pendapatan dari stiker sempurna sebesar Rp. 2.327.619,-.

### Uji Independen Sampel T-Test

Kriteria keputusan uji signifikansi terhadap hipotesis, ditentukan melalui uji-t dengan kriteria pengujian seperti di bawah ini [12]:

- $T_{hitung} < T_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, yang berarti tidak ada perbedaan antara model *existing* dengan model skenario
- $T_{hitung} > T_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima, yang berarti ada perbedaan antara model *existing* dengan model skenario

Berdasarkan Hasil Uji T-Test yang ditunjukkan pada Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7. Pada solusi skenario menggunakan mesin semi otomatis didapatkan  $T_{hitung} = -3.430 < T_{tabel} = 1.53321$  maka  $H_1$  ditolak dikarenakan nilai  $T_{hitung}$  lebih kecil dari  $T_{tabel}$  sehingga solusi ini belum dikatakan lebih baik dari sebelumnya. Sedangkan pada solusi skenario *forecasting* didapatkan nilai  $T_{hitung} = 3.430 > T_{tabel} = 1.53321$  maka  $H_1$  diterima dikarenakan nilai  $T_{hitung}$  lebih besar dari  $T_{tabel}$  sehingga solusi ini dapat dikatakan lebih baik dari sebelumnya.

### Uji ANOVA

Kriteria keputusan uji signifikansi terhadap hipotesis, ditentukan melalui uji-F dengan kriteria pengujian seperti di bawah ini:

- $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, yang berarti tidak ada perbedaan antara model *existing* dengan model skenario
- $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima, yang berarti minimal ada satu

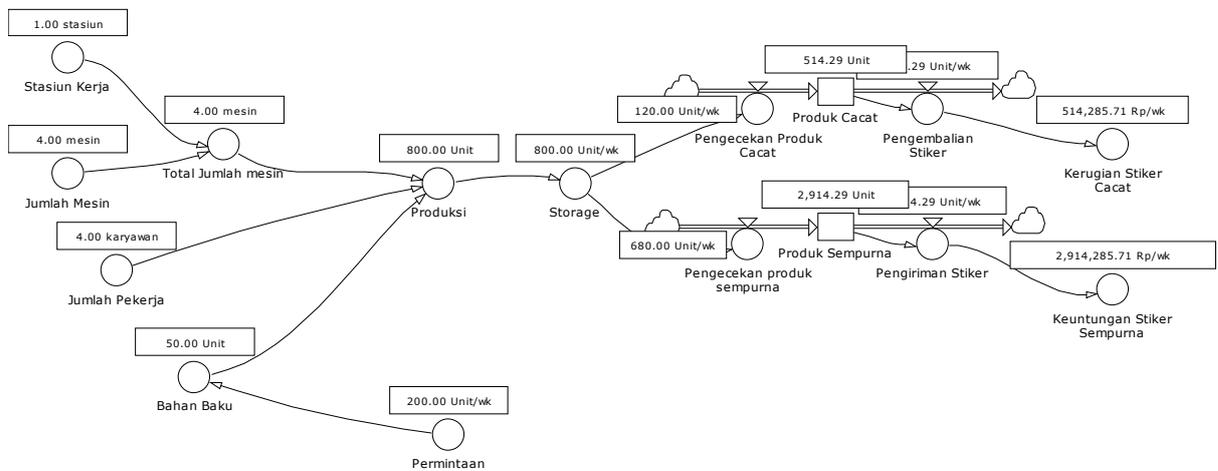
perbedaan antara antara model *existing* dengan model skenario.

Kriteria keputusan uji signifikansi  $\alpha = 0,05$  atau 5% dan tingkat kesalahan 0,05 atau taraf keyakinan 95% atau 0,95 adalah seperti di bawah ini [12]:

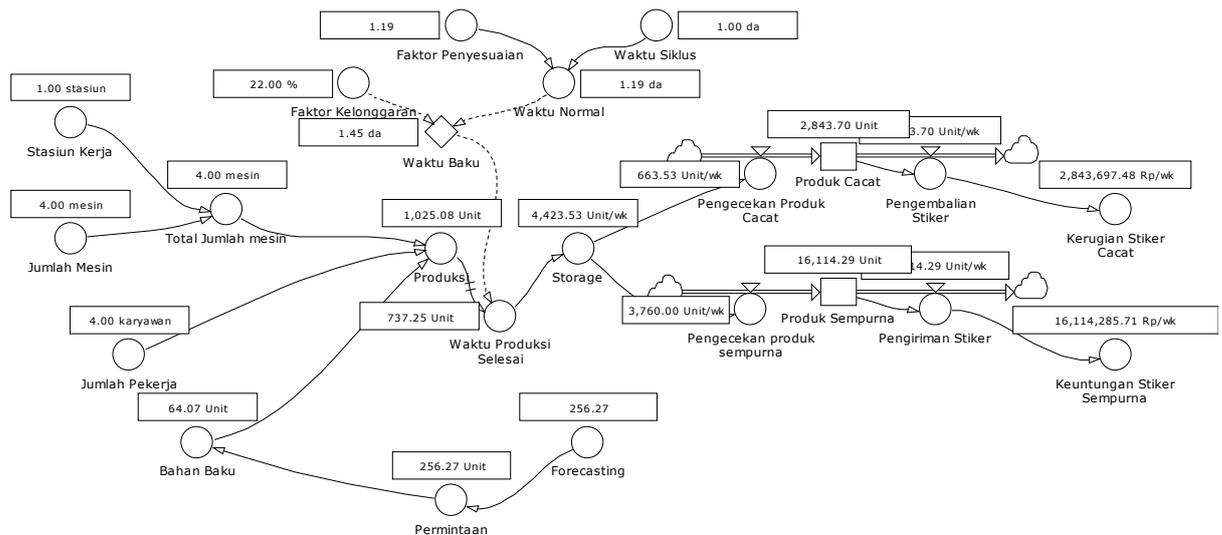
- Nilai (Sig) > 0,05 maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, yang berarti tidak ada perbedaan antara model eksisting dengan model skenario
- Nilai (Sig) < 0,05 maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima, yang berarti minimal ada satu

perbedaan antara antara model eksisting dengan model skenario.

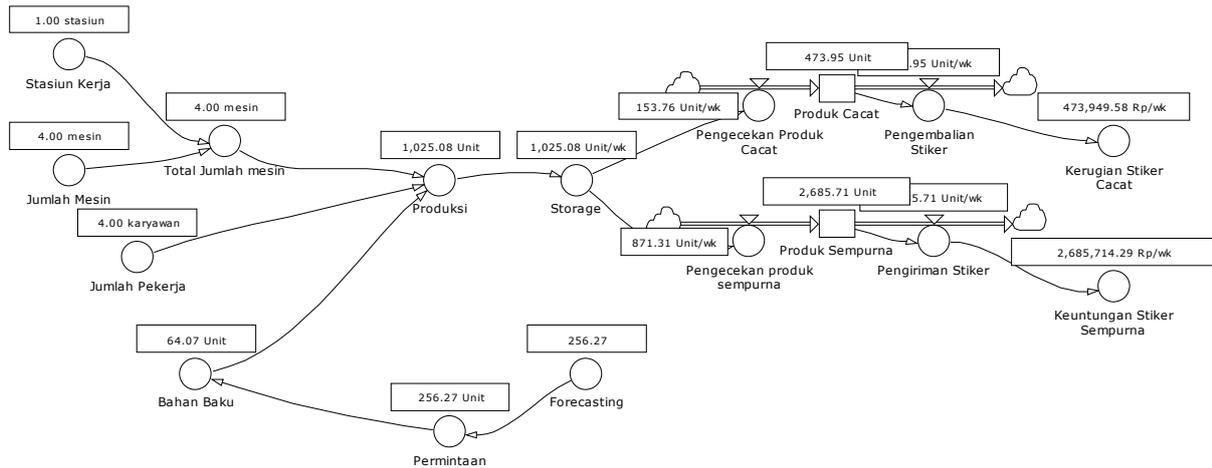
Berdasarkan hasil Uji ANOVA [12] yang ditunjukkan pada Tabel. 9 dan Tabel. 10 menunjukkan bahwa nilai  $F_{hitung} = 7,577 > F_{tabel} = 4,26$ , maka  $H_1$  diterima, artinya minimal ada satu perbedaan antara model eksisting dengan model skenario yang ada. Terlihat juga pada nilai signifikansi/sig. (P-value) yaitu  $0,000 < 0,12$  maka hal ini menunjukkan bahwa perbedaan tersebut dianggap signifikan.



Gambar 4. Stock Flow Diagram



Gambar 5. Simulasi Solusi Mesin Semi Otomatis



**Gambar 6.** Simulasi Solusi *Forecasting*

**Tabel 5.** Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Existing	265714.2900	4	154919.33385	77459.66692
	Mesin_otomatis	1469243.6975	4	856612.78876	428306.39438
Pair 2	Existing	265714.2900	4	154919.33385	77459.66692
	Forecasting	244873.9500	4	142768.79619	71384.39809

Sumber: (data diolah, 2019)

**Tabel 6.** Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Existing & Mesin_otomatis	4	1.000	0.000
Pair 2	Existing & Forecasting	4	1.000	0.000

Sumber: (data diolah, 2019)

**Tabel 7.** Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Existing - Mesin_otomatis	-1203529.40750	701693.45491	350846.72745	-2320080.27901	-86978.53599	-3.430	3	.042
Pair 2	Existing - Forecasting	20840.34000	12150.53766	6075.26883	1506.12316	40174.55684	3.430	3	.042

Sumber: (data diolah, 2019)

*Uji ANOVA*

**Tabel 8.** ANOVA Test

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3930664844109.110	2	1965332422054.550	7.577	.012
Within Groups	2334505197076.820	9	259389466341.868		
Total	6265170041185.920	11			

Sumber: (data diolah, 2019)

**Tabel 9.** *Confidence Interval for ANOVA Test*

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	4	265714.2900	154919.33385	77459.66692	19203.0592	512225.5208	85714.29	445714.29
2.00	4	1469243.6975	856612.78876	428306.39438	106181.5952	2832305.7998	473949.58	2.46E+06
3.00	4	244873.9500	142768.79619	71384.39809	17696.9360	472050.9640	78991.60	410756.30
Total	12	659943.9792	754692.59493	217860.98642	180435.1811	1139452.7772	78991.60	2.46E+06

Sumber: (data diolah, 2019)

**Tabel 10** *Multiple Comparisons*

(I) Faktor		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
LSD	1.00	2.00	-1203529.408	360131.54981	.009	-2018203.5725	-388855.2425
		3.00	20840.34000	360131.54981	.955	-793833.8250	835514.5050
	2.00	1.00	1203529.408	360131.54981	.009	388855.2425	2018203.5725
		3.00	1224369.748	360131.54981	.008	409695.5825	2039043.9125
	3.00	1.00	-20840.34000	360131.54981	.955	-835514.5050	793833.8250
		2.00	-1224369.748	360131.54981	.008	-2039043.9125	-409695.5825
Bonferroni	1.00	2.00	-1203529.408	360131.54981	.026	-2259911.9575	-147146.8575
		3.00	20840.34000	360131.54981	1.000	-1035542.2100	1077222.8900
	2.00	1.00	1203529.408	360131.54981	.026	147146.8575	2259911.9575
		3.00	1224369.748	360131.54981	.024	167987.1975	2280752.2975
	3.00	1.00	-20840.34000	360131.54981	1.000	-1077222.8900	1035542.2100
		2.00	-1224369.748	360131.54981	.024	-2280752.2975	-167987.1975
Games-Howell	1.00	2.00	-	435254.37099	.128	-2951245.6380	544186.8230
		3.00	1203529.40750	105336.28193	.979	-302983.1883	344663.8683
	2.00	1.00	1203529.40750	435254.37099	.128	-544186.8230	2951245.6380
		3.00	1224369.74750	434214.34771	.123	-529051.0413	2977790.5363
	3.00	1.00	-20840.34000	105336.28193	.979	-344663.8683	302983.1883
		2.00	-	434214.34771	.123	-2977790.5363	529051.0413

Sumber: (data diolah, 2019)

### Uji LSD

Untuk mengetahui nilai dari masing-masing alternatif apakah berbeda dengan yang lainnya adalah dengan melihat nilai *lower bound* dan *upper bound*-nya. Jika nilai *lower bound* dan *upper bound*-nya melewati nilai nol maka alternatif tersebut dianggap tidak berbeda satu sama lain dan tidak dapat dibandingkan (Tolak  $H_0$ ). Sebaliknya jika nilai *lower bound* dan *upper bound* tidak melewati angka nol maka kedua alternatif tersebut dapat dibandingkan (Terima  $H_1$ ). Membandingkan hasil perhitungan dengan membandingkan nilai rata-rata setiap alternatif akan memperlihatkan alternatif

terbaik dari model simulasi yang telah dibuat. [13]. Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel. 6. di atas di dapatkan solusi terbaik yaitu terdapat pada solusi ketiga.

### Pembahasan Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil dari simulasi maka dipilih menggunakan metode *forecasting*. Dengan menggunakan metode *forecasting* biaya akibat kerugian produk cacat menjadi lebih minimal dan tidak diperlukan membeli mesin baru. Sehingga keuntungan yang didapatkan juga menjadi lebih optimal.

Nilai dari setiap parameter akan diuji untuk mengetahui perubahan yang terjadi di setiap parameter yang ada. Parameter dari

perbaikan pada CV. ABC adalah jumlah produk cacat, total kerugian akibat produk cacat dan keuntungan yang didapatkan dari keseluruhan. Adapun analisis terkait perubahan parameter yaitu sebagai berikut [14]:

1. Perubahan jumlah produk cacat yang dihasilkan saat kondisi *existing* pada CV. ABC sebesar 534 buah sedangkan setelah dilakukan perbaikan menggunakan solusi *forecasting* didapatkan hasil sebesar 474 buah. Hal ini mengalami perubahan penurunan sebesar 12,8%.
2. Perubahan jumlah kerugian yang dialami oleh CV. ABC saat keadaan *existing* yaitu sebesar Rp 445.174 sedangkan setelah dilakukannya perbaikan menggunakan solusi *forecasting* didapatkan jumlah kerugian yang dialami CV. ABC mengalami penurunan menjadi Rp 410.756. Hal tersebut berarti jumlah kerugian pada CV. ABC mengalami perubahan penurunan sebesar 8,3%.
3. Perubahan terhadap jumlah pendapatan (keuntungan) yang diperoleh saat kondisi *existing* sebesar Rp 2.525.714 sedangkan setelah dilakukan perbaikan jumlah pendapatan (keuntungan) CV. ABC sebesar Rp 2.327.619. Hal tersebut berarti setelah dilakukannya perbaikan jumlah keuntungan dari CV. ABC mengalami perubahan kenaikan sebesar 8,15%.

### Simpulan

Solusi optimal dari simulasi di atas adalah membuat *forecasting* untuk permintaan tiap bulannya. Dengan *forecasting* produk cacat menurun 12,8%, kerugian menurun sebesar 8,3% dan keuntungan meningkat 8,15%. Selain itu jumlah permintaan yang masuk lebih terkendali, semua permintaan yang diterima terpenuhi, produk stiker yang dihasilkan minimal cacat dan keuntungan menjadi lebih optimal.

### Daftar Pustaka

- [1] Li, X., & Wang, A. (2019). A modularization method of dynamic system modeling for multiple planetary gear trains transmission gearbox.

- Mechanism and Machine Theory*, 136, 162–177. doi:10.1016/j.mechmachtheory.2019.03.002
- [2] Barrera-Diaz, C. A., Oscarsson, J., Lidberg, S., & Sellgren, T. (2018). Discrete Event Simulation Output Data-Handling System in an Automotive Manufacturing Plant. *Procedia Manufacturing*, 25, 23–30. doi:10.1016/j.promfg.2018.06.053
  - [3] Dagkakis, G., Rotondo, A., & Heavey, C. (2019). Embedding Optimization with Deterministic Discrete Event Simulation for Assignment of Cross-trained Operators: An Assembly Line Case Study. *Computers & Operations Research*. doi:10.1016/j.cor.2019.06.008
  - [4] Golbasi, O., & Olmez Turan, M. (2020). A Discrete-Event Simulation Algorithm for the Optimization of Multi-Scenario Maintenance Policies. *Computers & Industrial Engineering*, 106514. doi:10.1016/j.cie.2020.106514
  - [5] Antonelli, D., Litwin, P., & Stadnicka, D. (2018). Multiple System Dynamics and Discrete Event Simulation for manufacturing system performance evaluation. *Procedia CIRP*, 78, 178–183. doi:10.1016/j.procir.2018.08.312
  - [6] Sterman JD. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. New York: McGraw-Hill.
  - [7] Forrester JW. (1958). *Industrial dynamics: a major breakthrough for decision makers*. Harvard business review, 1958;36(4):37-66.
  - [8] Forrester JW. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge: MIT Press.
  - [9] Edghill, J. S., Towill, D. R., & Husband, T. (1989). Dynamic Behaviour of Fundamental Manufacturing System Design Strategies. *CIRP Annals*, 38(1), 465–468. doi:10.1016/s0007-8506(07)62747-4
  - [10] Byrne SJ, Roberts L. (1994). Efficient parts supply: influence of information flows, *Proceedings of International System Dynamics Conference, Production and Operations Management*, 1994:11-19.

- [11] Litwin P, Jakiela J, Olech M. (2016). Dynamic simulation based optimization of information flow in extended enterprise and its impact on business partners production efficiency and stock replenishment, *Advances in manufacturing science and technology*;40(1):33-45. CIRP;38(1):465-468. doi: 10.2478/amst-2016-0003
- [12] Trenggonowati, D. L. (2017). Simulasi Sistem Proses Produksi di PT. Jakarta Cakratunggal Steel Mills. *Jurnal ilmiah Teknik Industri* Vol. 4 Issue 1.
- [13] Heizer, J. and Render, B., (2011). *Operations Management,* Tenth Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- [14] Trenggonowati, D.L., Ridwan A, Irman A, Umyati A. (2020). Optimalisasi sumber daya di UKM Batik Banten Mukarnas Center. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi* 16 (1), 83-96