

PENGEMBANGAN MODEL *WORK IN PROCESS* PADA UKM PRODUK KERAJINAN BAMBU DENGAN PENDEKATAN METODE ANTRIAN DAN SIMULASI

Riani Nurdin, Marni Astuti

Jurusan Teknik Industri
Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
rianinurdin@gmail.com

Abstract

Sleman regency in Daerah Istimewa Yogyakarta has some excellent products, one of them a bamboo handicrafts produced by the UKM sector. Important thing to do now is improve the competitiveness of UKMs, in order to have the capacity and competitiveness. One way to increase the production capacity of the UKMs are implementing job shop system and is competitive inventory accuracy of raw material production. Inventories of raw materials can be seen from the throughput and Work in Process (WIP) at each unit time. This study aims to develop an appropriate level of WIP models taking into account the variability of job arrival rate, the model is expected to determine the WIP level to give effect to the maximum throughput rate at the same time the minimum cycle time. By using queuing and simulation approach. Thus, the results can be used to measure procured the performance of production systems UKM Bamboo craft .

The initial step of research is to analyze a real system by building a simulation model that will be used to validate models of WIP to be built. Verification and validation of the results obtained, the simulation model in accordance with the real system and the simulation output is equal to real output. Under conditions of UKMs bamboo processing system GI/G/1 model formulation third approach is suitable for use in industrial UKMs bamboo. The results of model validation output by paired t-test is 0.107524398 (> 0.05). This means that the output of the model and the simulation did not differ significantly. As such, the model built for calculating WIP and proven effective throughput on Bamboo UKM industrial systems.

Keywords : UKM, Job Shop, Work in Process (WIP), queue, Simulation.

Abstrak

Kabupaten Sleman di Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki beberapa produk unggulan, salah satunya berupa kerajinan bambu yang diproduksi oleh sektor UKM. Hal yang penting dilakukan saat ini adalah meningkatkan daya saing pelaku UKM, agar memiliki kapasitas dan daya saing. Salah satu cara untuk meningkatkan kapasitas produksi pada UKM yang menerapkan sistem job shop dan memiliki daya saing adalah ketepatan persediaan produksi bahan baku. Persediaan bahan baku ini dapat dilihat dari throughput dan Work in Process (WIP) pada tiap satuan waktunya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu model WIP level yang tepat dengan mempertimbangkan variabilitas laju kedatangan job, model ini diharapkan dapat menentukan WIP level yang memberikan pengaruh terhadap laju throughput yang maksimal sekaligus waktu siklus yang minimal. Dengan menggunakan pendekatan antrian dan simulasi. Sehingga, hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk mengukur performansi sistem produksi UKM kerajinan Bambu.

Langkah awal penelitian adalah melakukan analisis sistem nyata dengan membangun model simulasi yang akan digunakan untuk memvalidasi model WIP yang akan dibangun. Dari hasil verifikasi dan validasi diperoleh, model simulasi sesuai dengan sistem nyata dan output simulasi sama dengan output riil. Berdasarkan kondisi sistem UKM bambu pengolahan formulasi GI/G/1 Model pendekatan ketiga cocok digunakan dalam industri UKM bambu tersebut. Hasil validasi model output dengan uji-t berpasangan adalah $0.107524398 (> 0.05)$. Hal ini berarti bahwa Output model dan simulasi tidak berbeda secara signifikan. Dengan demikian, model yang dibangun terbukti efektif untuk menghitung WIP dan Troughput pada sistem industri UKM Kerajinan Bambu.

Kata Kunci : UKM, Job Shop, Work in Process (WIP), Antrian, Simulasi.

1. Latar Belakang Masalah

Di Yogyakarta terdapat sebuah produk unggulan kerajinan bambu tepatnya di Kabupaten Sleman. Produk unggulan tersebut masih diproduksi oleh sektor UKM dengan variasi produk yang banyak, dimana biasanya variasi produk tersebut didasarkan pada pesanan konsumen. Hal ini berdampak pada sistem manufaktur yang bersifat *job shop*.

Pada proses pengolahan kerajinan bambu 75% masih dilakukan secara manual, Salah satu karakteristik produksi manual dan sistem produksi *job shop* adalah memiliki *work in process* (WIP) yang tinggi dikarenakan urutan proses yang berbeda untuk setiap job serta waktu proses dan kapasitas yang berbeda di setiap mesin. WIP akan mempengaruhi performansi sistem produksi yang berupa *throughput*, sehingga penentuan tingkat WIP menjadi penting. Bila didalam lantai produksi banyak terdapat inventory WIP maka akan sangat berpengaruh terhadap kualitas bahan baku bambu disamping hal tersebut banyaknya inventory akan menyebabkan tertahannya modal usaha UKM. Kedua hal tersebut akan menimbulkan rendahnya daya saing baik dipasar lokal maupun global.

UKM Karya Manunggal merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dalam produksi mebel bambu yang menerapkan sistem produksi *Job Shop*, namun pada penerapannya, UKM Karya Manunggal menggunakan sistem produksi yang diatur seadanya. Dengan keterbatasan bahan baku yang sangat spesifik yang tergantung pada pihak lain, dalam hal ini *supplier* bambu dan proses produksi yang memerlukan beberapa tipe proses yang berbeda dan pada tiap-tiap proses produksi terdiri dari beberapa urutan produksi yang berbeda pula serta tidak tetapnya jumlah produksi pada tiap periodenya karena bergantung pada ragam dan banyaknya pesanan akan menimbulkan berbagai masalah pada penerapannya.

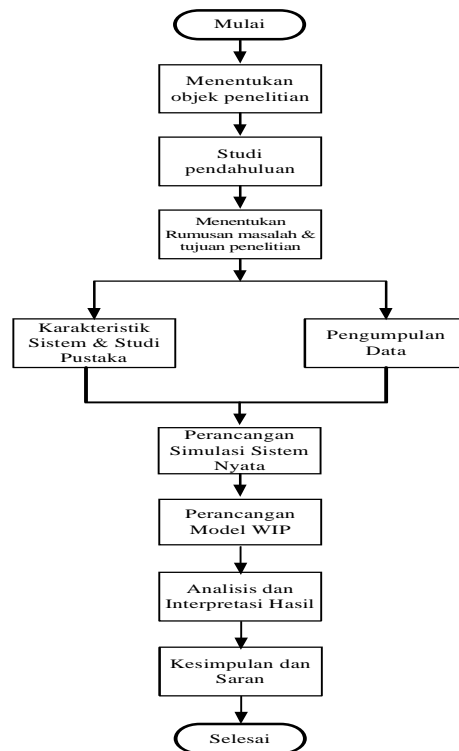
Usaha UKM Karya Manunggal tersebut belum masuk ke kapasitas produksi yang layak dan efisien untuk maju dan berdaya saing karena berbagai kendala yang dihadapi. Hal yang penting dilakukan saat ini adalah meningkatkan daya saing pelaku UKM dan koperasi, agar memiliki kapasitas dan daya saing, terutama dalam menghadapi pasar tunggal ASEAN pada 2015 mendatang. Menurut Muhammad et al (2011), yang melakukan penelitian pada inventory UKM makanan ringan, peranan UKM dalam menunjang perekonomian Indonesia sangat signifikan. Peranan ini harus disertai dengan langkah-langkah perbaikan untuk meningkatkan daya saing UKM. Permasalahan yang sering terjadi pada UKM antara lain tentang manajemen produksi. Dari pengamatan yang dilakukan di UKM tempat penelitian, produksi dilakukan dengan manajemen yang “seadanya” tanpa perencanaan dan pengendalian yang baik, sehingga sering terjadi kekurangan bahan baku, atau produk jadi di satu saat dan terjadi kelebihan di saat yang lain. Padahal, dampak dari inventory sangat terasa bagi UKM karena makin banyak inventory menyebabkan modal usaha yang tertahan makin besar,

Salah satu cara untuk meningkatkan kapasitas produksi yang memiliki daya saing adalah ketepatan persediaan produksi bahan baku, persediaan bahan baku ini dapat dilihat dari *Work*

in process pada tiap satuan waktunya. Penelitian-penelitian tentang pencapaian *throughput* dan WIP pada sistem produksi *flow shop* dan *job shop*, sebagian besar menggunakan model antrian yang memiliki distribusi *eksponensial* dan *Poisson*. Penelitian Van Ooijen dan Bertrand (2003) melakukan suatu penelitian tentang mengatur laju kedatangan untuk mengantisipasi beban kerja yang tinggi di stasiun kerja pada sistem produksi *job shop*, dengan pendekatan model antrian dimana kedatangan *order* pada suatu stasiun kerja mengikuti distribusi *poisson*. Penelitian yang dilakukan oleh Chaharsoogi dan Nahavandi (2003) mempunyai tujuan utama untuk menentukan jumlah *buffer* yang optimal dengan *throughput* yang telah ditentukan. Penelitian ini menggunakan model antrian yang memiliki distribusi *eksponensial*.

Pada kenyataannya distribusi suatu sistem produksi tidak semuanya merupakan distribusi *eksponensial* atau *Poisson*. Penelitian ini membahas pengembangan model WIP untuk mengevaluasi laju *throughput* suatu sistem produksi *job shop*, menggunakan pendekatan antrian yang memiliki distribusi *general*. Model antrian disini merepresentasikan jumlah *job* dalam sistem yang berubah-ubah oleh karena laju kedatangan *job* ke dalam sistem selalu berubah. Laju kedatangan *job* menentukan probabilitas tingkat kesibukan stasiun kerja. Setiap stasiun kerja yang terlibat dianggap sebagai stasiun kerja tunggal dan independen. Masing masing stasiun kerja dianggap sebagai model antrian *GI/G/1* atau *GI/G/C* tergantung jumlah *server* yang terlibat dalam stasiun kerja tersebut. Dengan mempertimbangkan laju kedatangan *job* dan waktu pelayanan tiap stasiun kerja, diperoleh utilitas stasiun kerja yang digunakan untuk menentukan laju *throughput* yang diharapkan. Hasil akhir yang diperoleh merupakan hasil yang dapat digunakan untuk mengukur performansi sistem produksi UKM kerajinan Bambu.

2. Metodologi Penelitian

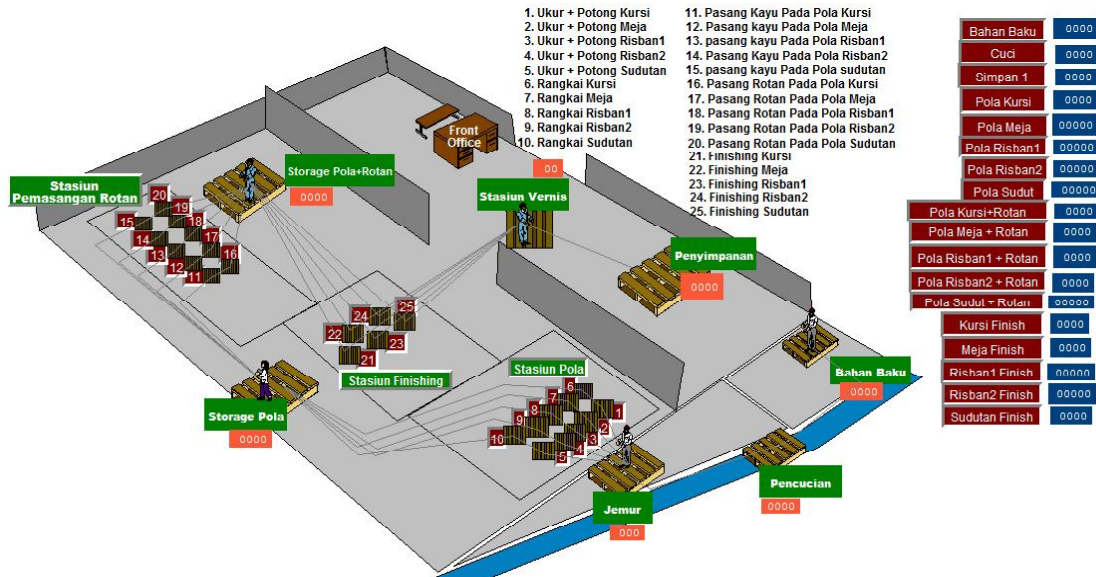


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

a. Simulasi Sistem Nyata

Kondisi sistem nyata dibangun berdasarkan identifikasi entitas dan aktivitasnya di dalam sistem



Gambar 2. Layout Sistem Nyata UKM Karya Manunggal

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa penyusunan tata letak dan alur produksi disesuaikan dengan kondisi nyata dari sistem yang diamati, dan akan dijalankan dengan *software* ProModel 4.2. Simulasi Sistem nyata ini dijalankan selama 1 minggu atau 6 hari kerja untuk memproduksi produk kursi sudut. Berikut hasil produksi dari simulasi awal:

Tabel 1. Hasil Simulasi Awal

Name	Total Exits	Name	Total Exits
Pola Kursi	25.00	Pola Risban2+Rotan	18.00
Pola Meja	24.00	Pola Sudutan+Rotan	18.00
Pola Risban1	18.00	Kursi Finish	25.00
Pola Risban2	18.00	Meja Finish	23.00
Pola Sudutan	18.00	Risban1 Finish	18.00
Pola Kursi+Rotan	25.00	Risban2 Finish	18.00
Pola Meja+Rotan	23.00	Sudutan Finish	17.00
Pola Risban1+Rotan	18.00	Produk Jadi	17.00

Sumber: *Running* ProModel Simulasi Awal

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa hasil akhir produksi adalah 17 set kursi sudut dan beberapa produk *work in procces* (WIP) yang masih berada dalam sistem produksi untuk dilanjutkan pada shift kerja berikutnya.

b. Verifikasi

Verifikasi dari model bertujuan untuk menjamin kebenaran model secara matematis dan konsisten secara logika. Verifikasi model ini meliputi pemeriksaan model untuk meyakinkan bahwa semua elemen dalam model mewakili sistem nyata.

Tabel 2. Verifikasi Model

No.	Kondisi	Aktual	Model	Keterangan
1	Jumlah tenaga kerja dalam sistem	9	9	Sesuai
2	Jumlah stasiun kerja	5	5	Sesuai
3	Jumlah Proses	28	28	Sesuai
4	Penyimpanan work in procces	3	3	Sesuai

Sumber: Pengamatan Langsung

Elemen-elemen sistem nyata yang dibangun pada model simulasi sudah sesuai. Artinya semua elemen dalam model simulasi mewakili sistem nyata.

c. Validasi Model Simulasi Sistem Riil

Untuk uji validitas dilakukan dengan membandingkan antara output yang dihasilkan oleh sistem nyata dan model simulasi yang dijalankan per shift kerja selama 6 hari kerja dengan menggunakan rumus uji *Paired T-test*.

Tabel 3. Validasi Model

No.	Stasiun Produksi	Produk	Output Model	Output Riil
1	Stasiun Pola	Pola Kursi	25	22
2		Pola Meja	24	22
3		Pola Risban1	18	21
4		Pola Risban2	18	21
5		Pola Sudutan	18	21
6	Stasiun Rotan	Pola Kursi Rotan	25	22
7		Pola Meja Rotan	23	22
8		Pola Risban1 Rotan	18	21
9		Pola Risban2 Rotan	18	21
10		Pola Sudutan Rotan	18	21
11	Stasiun Finishing	Kursi Finish	25	20
12		Meja Finish	23	20
13		Risban1 Finish	18	19
14		Risban2 Finish	18	19
15		Sudutan Finish	17	19
16	Stasiun Vernis	Produk Jadi	17	17

Sumber : Data Pengamatan dan Perhitungan

Dengan Hipotesa

$H_0 = \mu_1 - \mu_0 = 0$ (tidak ada perbedaan antara model dengan sistem nyata)

$H_1 = \mu_1 - \mu_0 \neq 0$ (ada perbedaan antara model dengan sistem nyata)

Untuk mempermudah perhitungan digunakan alat bantu *software* spss. Berikut hasil perhitungannya:

Tabel 4. Hasil Perhitungan SPSS

		<i>Paired Differences</i>							
		<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>	<i>Std. Error Mean</i>	<i>95% Confidence Interval of the Difference</i>		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig. (2-tailed)</i>
					<i>Lower</i>	<i>Upper</i>			
<i>Pair 1</i>	<i>Model - Riil</i>	-.31250	2.77414	.69353	-1.79073	1.16573	-.451	15	.659

Sumber: Pengolahan Data Dengan SPSS

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai *sig. (2-tailed)* > 0.05 maka terima H_0 . Artinya bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara *output* simulasi dan *output* riil perusahaan. Sehingga diambil kesimpulan Model simulasi yang sesuai dengan sistem nyata berhasil dibangun.

d. Membangun Model Formulasi

Pengolahan Data dengan Model Formulasi

Membangun model formulasi untuk mengetahui minimasi *work in process* dalam sistem produksi UKM kerajinan bambu yang bersifat *job shop* dengan pendekatan teori antrian yang memiliki *general distribution* baik waktu pelayanan maupun waktu antar kedatangannya (GI/G/1 atau GI/G/c), dengan menggunakan pendekatan yang sesuai dengan formulasi bersumber pada Buzacott dan Shanthikumar (1993)

a. GI/G/1 Model

1. Pendekatan pertama

$$Mean\ Number\ of\ jobs = \left\{ \frac{\rho^2(1 + C_s^2)}{1 + \rho^2 C_s^2} \right\} \left\{ \frac{C_a^2 + \rho^2 C_s^2}{2(1 - \rho)} \right\} + \rho$$

Pendekatan ini digunakan bila $C_a^2 \leq 2$

2. Pendekatan kedua

$$Mean\ Number\ of\ jobs = \left\{ \frac{\rho(1 + C_s^2)}{2 - \rho + \rho C_s^2} \right\} \left\{ \frac{\rho(2 - \rho)C_a^2 + \rho^2 C_s^2}{2(1 - \rho)} \right\} + \rho$$

Pendekatan ini digunakan bila $C_a^2 \leq 2$, Pendekatan kedua ini lebih baik dibandingkan dengan pendekatan pertama dikarenakan $\rho < 1$, dan didapatkan $\rho(2 - \rho) < 1$

3. Pendekatan ketiga

$$Mean\ Number\ of\ jobs = \frac{\rho^2(C_a^2 + C_s^2)}{2(1 - \rho)} + \frac{(1 - C_a^2)C_a^2\rho}{2} + \rho$$

Pendekatan ini digunakan bila $C_a^2 \leq 1$ dengan:

ρ = adalah faktor penggunaan (utilisasi) untuk fasilitas pelayanan yang didapatkan pada hasil akhir simulasi.

C_s^2 = Squared Coefficient of variation of the service time
 C_a^2 = Squared Coefficient of variation of the arrival time

b. GI/G/c Model

Mean Number of jobs

$$= \frac{C_a^2(1 - (1 - \rho)C_a^2)/\rho + C_s^2}{2} E[W]_{M/M/c} + E[S]$$

$$E[W]_{M/M/c} = \left(\frac{1}{c\mu - \lambda} \right) \left(\frac{c^c \rho^c}{c!(1 - \rho)} \right) p(0)$$

dengan:

$$\rho = \lambda E[S]$$

$$\rho = \lambda/\mu$$

λ = Tingkat kedatangan rata-rata (ekspektasi jumlah kedatangan per satuan waktu)

μ = Tingkat pelayanan rata-rata (ekspektasi jumlah jumlah unit yang dapat selesai dilayani per satuan waktu)

c = jumlah server/mesin

$$p(0) = 1$$

Berdasarkan pengolahan data C_a^2 (Squared Coefficient of variation of the arrival time) bernilai lebih kecil daripada 1, oleh karenanya formulasi GI/G/1 Model pendekatan ketiga cocok digunakan dalam industri UKM bambu, hasil perhitungan ditampilkan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan WIP model Formulasi GI/G/1 pendekatan ketiga

No.	Stasiun Produksi	Produk	C_a^2	Output model formulasi per menit (unit/menit)
1	Stasiun Pola	Pola Kursi	0.00347	0.0095
2		Pola Meja	0.0000575	0.0097
3		Pola Risban1	0.00000356	0.0070
4		Pola Risban2	0.00000278	0.0100
5		Pola Sudutan	0.000347	0.0070
6	Stasiun Rotan	Pola Kursi Rotan	0.00347	0.0095
7		Pola Meja Rotan	0.0000575	0.0097
8		Pola Risban1 Rotan	0.00000356	0.0070
9		Pola Risban2 Rotan	0.00000278	0.0100
10		Pola Sudutan Rotan	0.000347	0.0070
11	Stasiun Finishing	Kursi Finish	0.00347	0.0095
12		Meja Finish	0.0000575	0.0097
13		Risban1 Finish	0.00000356	0.0070

Lanjutan Tabel 5.

14		Risban2 Finish	0.00000278	0.0100
15		Sudutan Finish	0.000347	0.0070
16	Stasiun Vernis	Produk Jadi	0.000347	0.0069

Sumber : Pengolahan Data

Validasi Model Formulasi

Dari model yang dibangun hipotesa awalnya adalah bahwa hasil model tersebut tidak berbeda dengan sistem nyata, sistem nyata pada penelitian ini dibangun dengan simulasi. Dengan bantuan paired t-test akan dibuktikan bahwa hipotesa awal adalah benar, perhitungan paired t-test menggunakan program Excel 2007. Tabel 6 adalah perbandingan Output berdasarkan model dan simulasi pada produk kursi sudut. Hasil perhitungan paired t-test dengan program Excel 2007. Dengan hipotesa sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 - \mu_0 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_0 \neq 0$$

$$\alpha = 0.05$$

Tabel 6. Perbandingan Output Berdasarkan Hitungan Model dan Hasil Simulasi Sistem Nyata

No.	Stasiun Produksi	Produk	Output simulasi selama 6 hari kerja	Output simulasi (unit/menit)	Output model formulasi (unit/menit)
1	Stasiun Pola	Pola Kursi	25	0.0099	0.0095
2		Pola Meja	24	0.0095	0.0097
3		Pola Risban1	18	0.0071	0.0070
4		Pola Risban2	18	0.0071	0.0100
5		Pola Sudutan	18	0.0071	0.0070
6	Stasiun Rotan	Pola Kursi Rotan	25	0.0099	0.0095
7		Pola Meja Rotan	23	0.0091	0.0097
8		Pola Risban1 Rotan	18	0.0071	0.0070
9		Pola Risban2 Rotan	18	0.0071	0.0100
10		Pola Sudutan Rotan	18	0.0071	0.0070
11	Stasiun Finishing	Kursi Finish	25	0.0099	0.0095
12		Meja Finish	23	0.0091	0.0097
13		Risban1 Finish	18	0.0071	0.0070
14		Risban2 Finish	18	0.0071	0.0100
15		Sudutan Finish	17	0.0067	0.0070
16	Stasiun Vernis	Produk Jadi	17	0.0067	0.0069

Sumber : Pengolahan Data

Tabel 7. t-Test: Paired Two Sample for Means

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	0.008010913	0.00852375
Variance	1.66328E-06	1.98859E-06
Observations	16	16
Pearson Correlation	0.609181928	
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	15	
t Stat	-1.711801607	
P(T<=t) one-tail	0.053762199	
t Critical one-tail	1.753050325	
P(T<=t) two-tail	0.107524398	
t Critical two-tail	2.131449536	

Sumber : Pengolahan Data

P-value dari uji-t berpasangan adalah 0.107524398 (Tabel 7), yaitu lebih besar dari 0.05. Dengan demikian, kesimpulan statistika yang kita ambil adalah **tidak menolak H_0** . Hal ini berarti bahwa Output model dan simulasi tidak berbeda secara signifikan. Dengan demikian, model yang dibangun terbukti efektif untuk menghitung WIP pada sistem industri UKM Kerajinan Bambu.

4. Kesimpulan

1. Simulasi sistem nyata berhasil dibangun dan sudah sesuai dengan sistem nyatanya.
2. Model algoritma dengan pendekatan metode antrian dengan distribusi *general* yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah penentuan jumlah WIP sudah berhasil dibuat, dan terbukti dapat diterapkan pada semua sifat distribusi.
3. Hasil akhir yang diperoleh dari model tersebut dapat digunakan untuk mengukur performansi sistem produksi yang bersifat *Job shop* pada UKM kerajinan bambu.

Daftar Pustaka

- [1] Arifin, M., 2009, *Simulasi Sistem Industri*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [2] Banks, J., Carson, J.S., dan Nelson B.L., 1996, *Discrete Event System Simulation*, 2nd Ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- [3] Buffa, E.S. dan Sarin, R.K., 1998, *Manajemen Operasi*, Binarupa Aksara, Jakarta.
- [4] Buzacott, J.A., dan Shantikumar, J.G., 1993, *Stochastic Models of Manufacturing Systems*, Prentice-Hall International Editions, New Jersey.
- [5] Chaharsooghi, S.K. dan Nahavandi, N, 2003, Buffer Allocation Problem, a Heuristic Approach, *Scientia Iranica*, Vol 10. No.4. pp. 401-409.
- [6] Hillier, F.S. dan Lieberman, G.J., 2008, *Introduction to Operations Research*, Jilid 2, Ed 8, Andi Offset, Jakarta.
- [7] Kim, S., Lee, Y.H., Yang, T., dan Park, N., 2008. Robust production control policies considering WIP balance and setup time in a semiconductor fabrication line, *International Journal Adv Manufactur Technology*. Vol 39, pp. 333–343.

- [8] Law, A.M. dan Kelton, W.D., 2000, *Simulation Modeling and Analysis*, 3rd Ed., McGraw- Hill, New York.
- [9] Muhammad, C.R., Rukmana, A.N., Amaranti, Reni, 2011, Model Manajemen Produksi Tepat Guna pada UKM Sektor Industri Makanan Ringan dengan Kriteria Zero Inventory, *Prosiding SNaPP 2011 Sains, Teknologi, dan Kesehatan*.
- [10] Nurdin, Riani, dan Masruroh, Nur Aini, 2010, Pengembangan Model *Work In Process* dengan Pendekatan Metode Antrian GI/G/c dan Simulasi, *Prosiding Seminar Nasional Teknosim VI*, hal : 221-228.
- [11] ProModel Corporation, *User's Guide ProModel Version 5.0 Manufacturing Simulation Software*.
- [12] Van Ooijen, H.P.G., dan Bertrand, J.W.M, 2003, The effects of a simple arrival rate control policy on throughput and work-in-process in production systems with workload dependent processing rates. *International Journal of Production Economics*, Vol 85, pp. 61–68.
- [13] Walpole, R.E., Myers, R.H., 1985, *Probability and statistics for engineers and scientists*, 3rd Ed Macmillian Publishing Company, New York, London.
- [14] Wibowo, Agus, dan Ramadian Demi, 2011, Model Simulasi Kinerja Produksi Teh Untuk Minimisasi *Work-In-Process*, *Journal Optimasi Sistem Industri (JOSI)*, Vol 2, hal :8-15
- [15] Winston, W.L, 2004. *Operations Research : Applications and Algorithms*, 4th Ed, Brooks/Cole – Thomson Learning, Belmont.