

SIMULASI SISTEM MANUFAKTUR

Studi Kasus : Proses Produksi Brake Drum Coupling

Tritiya A. R. Arungpadang*

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi, Manado

ABSTRACT

Now, manufacturing companies must develop their systems performance to the higher productivity level. There are many manufacturing system indicators, three of them are amount of output in a period of time, process lead time, and work in process. Those indicators will be viewed as a result of production machine resources allocation in each work station. The discrete system simulation was used to represent the real system. Using Arena software, we will get details information about the characteristic of each system variables that can used to improve the system performances without interrupt the real system itself. This paper explained briefly manufacturing systems simulation and its result for some operational strategies of production machine allocation.

*corresponding author, e-mail address: tritiya_arungpadang@unsrat.ac.id

I. PENDAHULUAN

Sistem manufaktur modern memiliki teknologi tinggi yang sangat kompleks. Kompleksitas teknologi, biaya pengaturan serta pemeliharaan sistem yang tinggi mengharuskan penggunaan model sistem, bukan hanya mengandalkan pengalaman atau *rules of thumb* sederhana untuk evaluasi kinerja dan pengambilan keputusan. Model digunakan untuk mendukung keputusan manajemen tentang sistem, namun model tunggal sering kali tidak mampu mendukung semua keputusan. Keputusan yang berbeda memerlukan model yang berbeda karena aspek-aspek desain dan operasional sistem menjadi penting untuk banyak pertanyaan mengenai model. Jika *spreadsheet* dan model antrian berguna untuk menjawab pertanyaan mendasar tentang sistem manufaktur, maka model simulasi kejadian diskrit diperlukan untuk menjawab pertanyaan rinci tentang bagaimana sistem manufaktur kompleks akan bekerja (Change et al., 1996).

Model simulasi menggabungkan semua informasi tentang sistem manufaktur dengan terinci. Dampaknya, ia dapat memprediksi dengan lebih akurat daripada model sederhana tentang perilaku sistem. Simulasi merupakan metodologi praktis dalam memahami dinamika tingkat tinggi dari sistem manufaktur kompleks. Menurut Yucesan dan Fowler (2000), simulasi memiliki beberapa kelebihan, yaitu :

- ✓ Kompresi waktu
- ✓ Integrasi komponen
- ✓ Pencegahan resiko
- ✓ Skala fisik
- ✓ Pengulangan
- ✓ Kontrol

Dalam proses bisnis, *time to market* adalah sangat penting. Itu berarti desain dan penyiapan sistem manufaktur yang lebih cepat. Simulasi sebagai alat

manufaktur virtual berharga dalam memperpendek tahapan desain. Pengawas dan operator pabrik jika telah terbiasa dengan sistem, dapat mengatur parameter dan fitur sehingga dapat mengoptimalkan output sistem dengan waktu minimum. Simulasi manufaktur memusatkan pada pemodelan perilaku organisasi, proses, dan sistem manufaktur.

Organisasi, proses dan sistem termasuk di dalamnya rantai pasok, orang, mesin, peralatan, dan sistem informasi. Simulasi manufaktur dapat digunakan untuk:

- ✓ Memodelkan manufaktur “as-is” dan “to-be” serta dukungan operasi dari rantai pasok ke ke pabrik
- ✓ Mengevaluasi kemampuan produksi dari desain suatu produk baru
- ✓ Mendukung pengembangan dan validasi data proses untuk produk yang baru
- ✓ Membantu rekayasa sistem dan proses produksi baru
- ✓ Mengevaluasi dampak terhadap kinerja bisnis secara menyeluruh
- ✓ Mengevaluasi alokasi sumber daya dan alternatif penjadwalan
- ✓ Menganalisis *lay out* dan aliran bahan dalam area produksi, lini dan stasiun kerja
- ✓ Melakukan analisis perencanaan kapasitas
- ✓ Menentukan kebutuhan sumber daya produksi dan *material handling*
- ✓ Melatih staf produksi dan pendukung pada sistem dan proses
- ✓ Mengembangkan pengukuran untuk perbandingan prediksi kinerja yang mendukung perbaikan secara kontinyu

Masalah utama dalam penelitian ini adalah mencari skenario terbaik untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, berdasarkan target produksi. Setelah pendahuluan, bagian selanjutnya tersusun sebagai berikut : dalam bagian 2, akan dijelaskan secara

singkat tentang konfigurasi sistem yang dibahas; model simulasi disajikan dalam bagian 3; sedangkan bagian 4, berisi eksperimen yang dilakukan, hasil simulasi dan analisis singkat; akhirnya, bagian 5 menyimpulkan hasil penelitian yang dilakukan serta alternatif penelitian lanjutan.

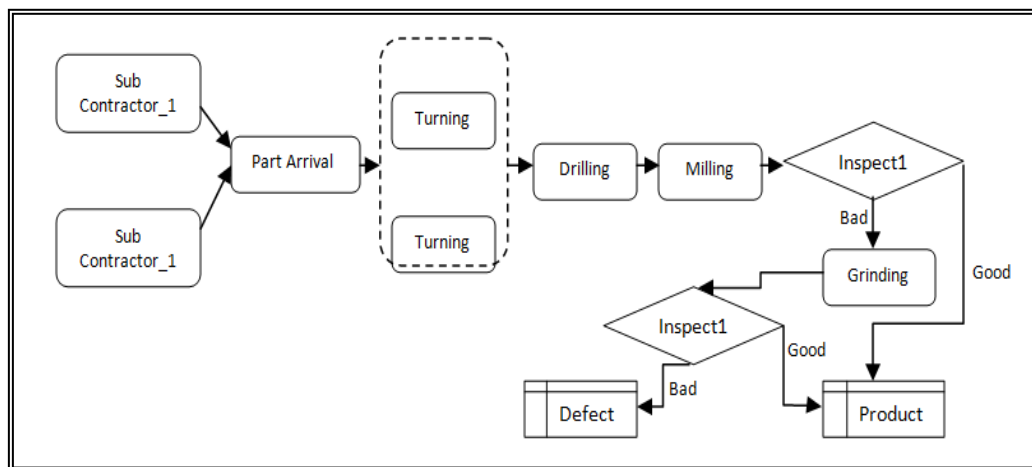
II. KONFIGURASI SISTEM

Sistem yang diamati adalah industri pembuatan *brake drum coupling* (Gambar 1) untuk kendaraan bermotor yang terdiri dari proses pemesinan dan *finishing*. Sasaran pengembangan sistem adalah kemampuan sistem untuk menghasilkan 1.500 unit setiap bulan dengan jumlah jam kerja 160 jam atau 8 jam per hari.



Gambar 1. Produk *brake drum coupling*

Topik makalah ini merupakan peningkatan kinerja sistem manufaktur melalui pengalokasian kembali sumber daya menggunakan pendekatan simulasi diskrit. Aliran proses dari sistem awal disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi sistem

Gambar 2 menunjukkan bahwa proses produksi adalah serangkaian proses pemesinan yang dilakukan oleh beberapa mesin untuk setiap proses. Peralatan mesin yang digunakan dalam sistem produksi tipe manual untuk mesin *grinding* dan *milling*, dan mesin semi-otomatis untuk mesin bubut dan mesin *drilling*. Namun, sistem hanya menghasilkan satu jenis produk, sehingga mesin yang tersedia hanya digunakan untuk memproduksi produk *brake drum coupling*. Karena itu hanya dibutuhkan satu kali kegiatan *set-up*, di bagian awal proses produksi. Selain itu, karena proses bongkar muat hanya untuk satu produk, sehingga waktu bongkar muat untuk setiap unit tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Pengamatan dilakukan dengan asumsi waktu dianggap kombinasi dari waktu *loading*, waktu pemesinan, dan waktu *unloading*. Sementara untuk waktu *set-up*, karena hanya dilakukan pada permulaan kondisi awal sistem, tidak akan disertakan. Diasumsikan, ketika sistem mulai memproduksi semua peralatan mesin sudah siap, karena setiap mesin hanya berurusan dengan produk dalam rangka memenuhi permintaan

konstan.

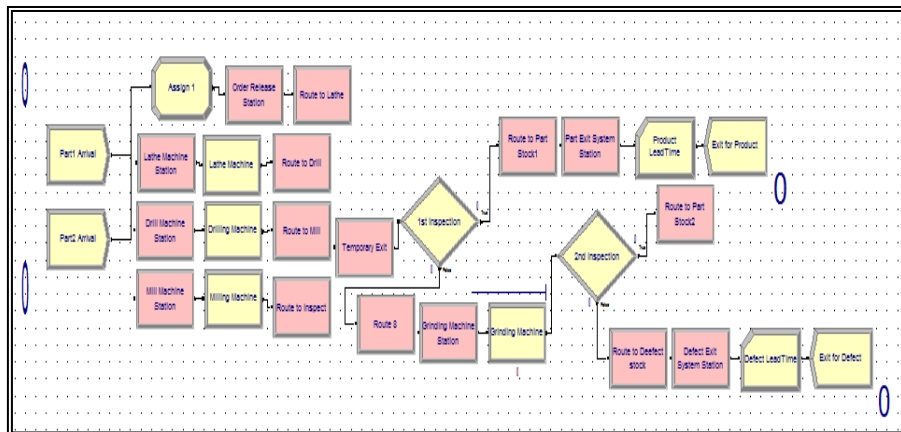
III. MODEL SIMULASI

Simulasi dapat didefinisikan sebagai proses merancang model komputerisasi dari sistem/proses serta melakukan eksperimen dengan model ini untuk memahami perilaku sistem, dan mengevaluasi berbagai strategi untuk pengoperasian sistem tersebut. Proses simulasi mencakup pembangunan model dan penggunaan analisis model untuk mempelajari masalah; berdasarkan kondisi awal (*as it is*) dan selanjutnya analisis proses dijalankan dengan model Arena.

Data sistem dan proses untuk eksperimen ini dikumpulkan dari Wirabhuna (2000), yang bersumber dari kondisi nyata pabrik. Setiap waktu proses dan waktu transfer diambil sebanyak 30 data, selanjutnya untuk masing-masing kelompok, dievaluasi menggunakan kecukupan, keseragaman dan distribusi data. Tes ini dilakukan untuk memastikan bahwa data yang diambil dari sistem nyata, sesuai dan tepat, sehingga siap untuk

digunakan dalam proses pembangunan model simulasi. Berdasarkan hasil pengujian, semua kelompok data memadai dan seragam. Hasil uji distribusi data tercantum dalam Tabel 2.

Nilai ini akan digunakan dalam pembangunan model simulasi menggunakan perangkat lunak Arena 10.0.



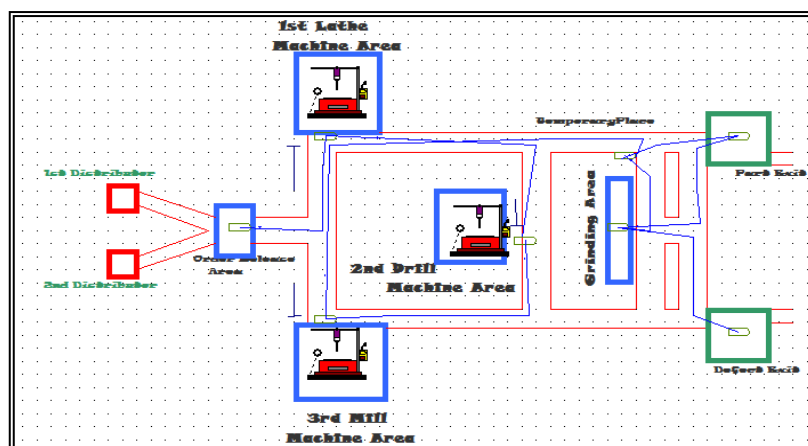
Gambar 3. Diagram jaringan Arena

Beberapa istilah model simulasi yang harus dipahami adalah sebagai berikut:

- ✓ Entitas adalah item yang diproses dalam sistem dan memiliki atribut. Sebagai contoh, entitas adalah produk, konsumen, dan dokumen. Dalam model ini entitas yaitu Part1 Part2 dst... (part sama, hanya mengidentifikasi pembuatan mereka)
- ✓ Atribut entitas diklasifikasikan sebagai *human*, *animate*, *inanimate* dan *intangible*. Dalam model ini, atributnya adalah *inanimate*
- ✓ Aktivitas adalah kegiatan yang dilakukan entitas dalam sistem. Untuk model ini, kegiatan adalah *turning*, *drilling*, *milling*, *grinding*, dan *inspection*. Kegiatan ini membutuhkan waktu tertentu, tergantung pada pekerjaan atau kegiatan yang dilakukan
- ✓ Sumber daya (*resource*) adalah item kegiatan dalam entitas. Sumber daya memiliki kapasitas untuk melaksanakan kegiatannya. Dapat dikategorikan sebagai *human*, *animate*,

inanimate, dan *intangible*. Dalam model ini, sumber daya terdiri atas *human* dan *inanimate*

- ✓ Antrian; ketika entitas tidak bergerak (stasioner) ini adalah karena sumber daya menahan (*size*) suatu entitas sehingga entitas lain harus menunggu. Jika sumber daya telah kosong, memindahkan satu entitas ke entitas lain kemudian bergerak bolak-balik dan seterusnya demikian begitu
- ✓ Sistem variabel terdiri dari tiga jenis yaitu variabel keputusan, respon, dan *state*. Variabel keputusan dapat disebut sebagai masukan, yang dapat dikontrol. Variabel respon disebut variabel output, yang tidak dapat diubah. Jika input dalam proses, tetapi ketika proses sedang berjalan dan dihentikan, disebut variabel *state* yang akan berubah jika variabel keputusan berubah. Dalam sistem manufaktur, metrik yang digunakan adalah *lead time*, *flow rate*, *utilization*, *waiting time*, tingkat antrian, varians, dll.

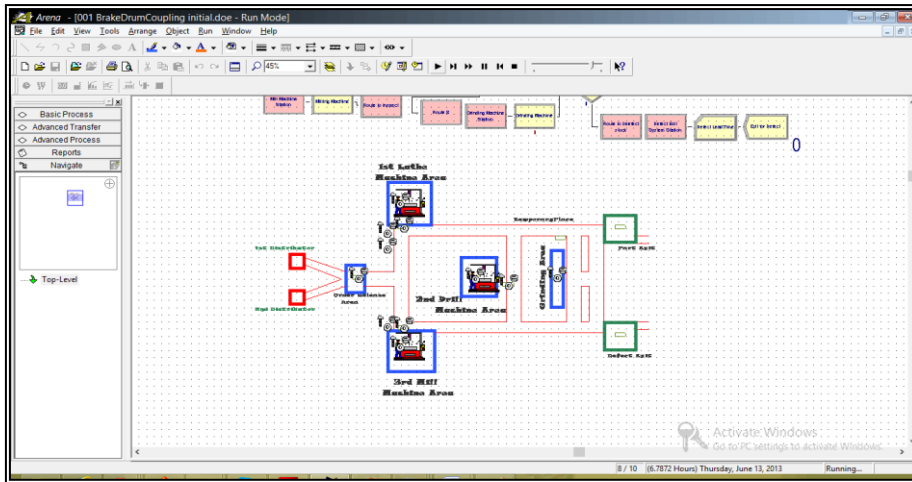


IV. EKSPERIMEN DAN HASIL

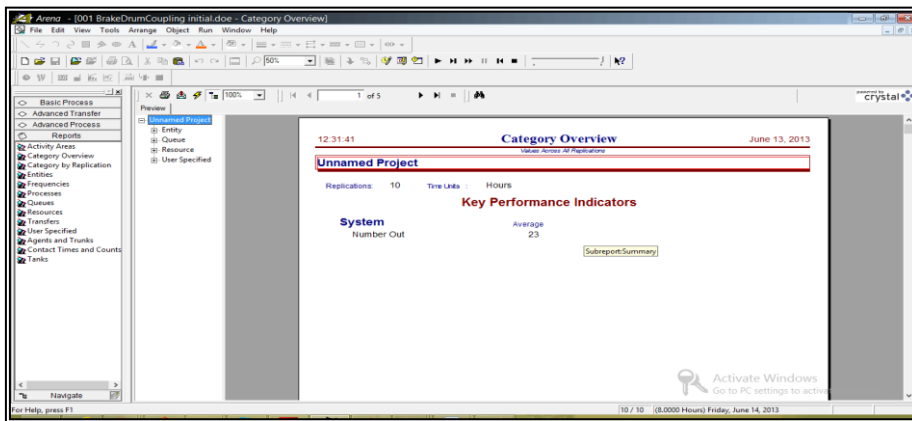
Pemakaian model simulasi adalah untuk memperkirakan nilai fungsi tujuan ketika mereka dibutuhkan selama optimasi. Dalam penelitian ini, fungsi tujuan kita adalah memaksimalkan sistem dan meminimalkan *lead time* proses. Pengembangan sistem dilakukan berdasarkan identifikasi proses pada stasiun *bottleneck*. Pada stasiun *bottleneck*, alokasi sumber daya akan meningkatkan kinerja. Namun, penambahan sumber daya tidak selalu akan meningkatkan kinerja secara keseluruhan, namun hanya meningkatkan kinerja pada stasiun proses dan menghilangkan titik hambat yang ada. Oleh karena itu, penambahan alokasi sumber daya peralatan harus didasarkan pada pandangan keseluruhan sistem. Hal ini menyebabkan proses penambahan

alokasi sumber daya tidak dapat dilakukan sekaligus, tetapi harus menjadi proses berulang sampai hasil yang diinginkan diperoleh. Skenario bertujuan untuk meningkatkan kinerja sistem manufaktur dengan penambahan alokasi sumber daya tambahan pada stasiun *bottleneck*. Parameter yang diamati adalah antrian dan utilitas setiap stasiun, serta output dan *lead time* dari produk.

Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen simulasi untuk 3 strategi operasional, yaitu 1 buah model awal dan 2 buah model skenario sebagai perbaikan dari model awal. Semua model dijalankan dengan panjang simulasi 8 jam dan 10 replikasi. Kemajuan proses simulasi dari model awal terlihat dalam gambar 5, sedangkan hasil dari model ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Running progress model Arena



Gambar 6. Hasil model Arena

Berdasarkan hasil statistik yaitu bagian antrian (*waiting number*), hambatan dari sistem terletak di stasiun butut. Ini menjadi alasan penambahan sumber daya untuk stasiun butut (skenario 1). Sedangkan dalam skenario 2, sumber daya tambahan dimasukkan ke dalam stasiun *drilling*. Pengukuran kinerja dari model skenario 2 telah memuaskan, memenuhi fungsi tujuan. Kinerja tersebut adalah

output sistem rata-rata 26 unit / hari, *lead time* rata-rata 4,8 jam, dan tidak ada hambatan dalam sistem (*queue waiting number* 0.78; 0,08 dan 0,44 unit / jam). Pengukuran kinerja dari semua strategi operasional mengacu pada tabel 1. Hasil rangkuman setiap strategi operasional ditunjukkan pada Gambar 7 sampai 9.

ARENA Simulation Results
tara - License: STUDENT

Output Summary for 10 Replications

Project: Unnamed Project Run execution date : 6/13/2013
Analyst: tara Model revision date: 6/13/2013

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Part 1.NumberIn	36.200	3.8268	28.000	45.000	10
Part 1.NumberOut	12.800	1.8713	8.0000	17.000	10
Part 2.NumberIn	31.000	2.1591	27.000	35.000	10
Part 2.NumberOut	10.200	2.1004	5.0000	15.000	10
Grinding.NumberSeized	4.4000	1.3572	2.0000	7.0000	10
Grinding.ScheduledUtilization	.06043	.01999	.02623	.10428	10
Drill.NumberSeized	41.800	2.3555	35.000	46.000	10
Drill.ScheduledUtilization	.61388	.03413	.51405	.67356	10
Lathe.NumberSeized	53.100	2.1969	47.000	57.000	10
Lathe.ScheduledUtilization	.82029	.03712	.70228	.88235	10
Mill.NumberSeized	33.200	2.0175	26.000	36.000	10
Mill.ScheduledUtilization	.34607	.02256	.26902	.38137	10
System.NumberOut	23.000	2.2367	16.000	28.000	10

Simulation run time: 0.05 minutes.
Simulation run complete.

Gambar 7. Rangkuman hasil model awal

ARENA Simulation Results
tara - License: STUDENT

Output Summary for 10 Replications

Project: Unnamed Project Run execution date : 6/13/2013
Analyst: tara Model revision date: 6/13/2013

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Part 1.NumberIn	37.900	4.4664	30.000	49.000	10
Part 1.NumberOut	14.300	1.8174	9.0000	17.000	10
Part 2.NumberIn	31.900	4.1497	25.000	42.000	10
Part 2.NumberOut	9.9000	1.4483	7.0000	13.000	10
Grinding.NumberSeized	4.1000	1.4483	2.0000	8.0000	10
Grinding.ScheduledUtilization	.05700	.02120	.02564	.11453	10
Drill.NumberSeized	43.700	3.1998	35.000	49.000	10
Drill.ScheduledUtilization	.64017	.04501	.51809	.71631	10
Lathe.NumberSeized	60.000	5.3511	49.000	73.000	10
Lathe.ScheduledUtilization	.83418	.05125	.69064	.95066	10
Mill.NumberSeized	34.000	2.5980	29.000	39.000	10
Mill.ScheduledUtilization	.35786	.02723	.30350	.41322	10
System.NumberOut	24.200	1.8713	20.000	28.000	10

Simulation run time: 0.07 minutes.
Simulation run complete.

Gambar 8. Rangkuman hasil model skenario 1

ARENA Simulation Results
tara - License: STUDENT

Output Summary for 10 Replications

Project: Unnamed Project Run execution date : 6/13/2013
Analyst: tara Model revision date: 6/13/2013

OUTPUTS

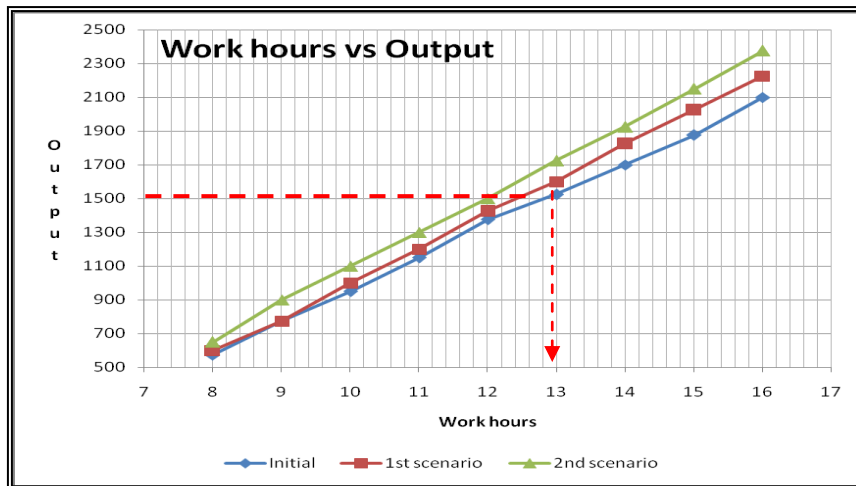
Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Part 1.NumberIn	35.600	3.7275	28.000	45.000	10
Part 1.NumberOut	15.700	2.6986	10.000	21.000	10
Part 2.NumberIn	32.400	4.9120	23.000	46.000	10
Part 2.NumberOut	10.700	2.7404	6.0000	18.000	10
Grinding.NumberSeized	5.3000	2.4092	1.0000	11.000	10
Grinding.ScheduledUtilization	.07065	.03346	.01126	.14749	10
Drill.NumberSeized	48.600	6.5402	35.000	66.000	10
Drill.ScheduledUtilization	.35652	.04786	.25801	.48219	10
Lathe.NumberSeized	59.600	7.6090	45.000	82.000	10
Lathe.ScheduledUtilization	.61297	.07552	.46856	.83533	10
Mill.NumberSeized	37.800	5.0781	28.000	49.000	10
Mill.ScheduledUtilization	.39923	.05290	.29634	.51828	10
System.NumberOut	26.400	4.4505	19.000	37.000	10

Simulation run time: 0.05 minutes.
Simulation run complete.

Gambar 9. Rangkuman hasil model skenario 2

Biaya implementasi skenario 2 sebagai strategi operasional mahal, karena perusahaan perlu berinvestasi 1 buah mesin bubut dan 1 buah mesin bor (*drilling*). Jika perusahaan ingin melaksanakan proyek ini dengan konfigurasi mesin yang ada maka alternatifnya adalah penambahan jam kerja. Gambar 10 menunjukkan hubungan antara jam kerja dalam

satu bulan dengan sistem output yang akan diperoleh. Dalam estimasi ini, kita asumsikan selama satu bulan perusahaan akan beroperasi selama 25 hari. Berdasarkan gambar 10, untuk memproduksi 1.500 *brake drum coupling*, perusahaan harus beroperasi 13 jam setiap hari.



Gambar 10. Hubungan jam kerja dengan output sistem manufaktur

V. KESIMPULAN DAN PENELITIAN LANJUTAN

Fokus utama dari makalah ini adalah untuk mensimulasikan proses produksi *brake drum couling* berdasarkan model Arena. Dengan memperkenalkan model simulasi, perusahaan dapat mengeksplorasi strategi operasional baru tanpa mengganggu operasi

yang sedang berlangsung. Rangkuman eksperimen ini ditunjukkan dalam tabel 1. Hal ini berarti bahwa perbaikan dapat meningkatkan output sistem, mengurangi *lead time* dan mengakibatkan tidak ada hambatan dalam sistem.

Tabel 1. Rangkuman ukuran kinerja

Ukuran Kinerja	Model Awal	Model Skenario 1	Model Skenario 2
Resource Allocation (Lathe – Drill – Mill –	2-1-1-1	3-1-1-1	3-2-1-1
Output / hours	23	24	26
Lead time Product (hours)	4.99	4.97	4.80
Lead time Defect (hours)	2.3	1.14	4.11
Queue in Lathe station	2.72	0.63	0.78
Average Lathe Utility	0.82	0.62	0.61
Queue in Drill station	0.50	2.13	0.08
Average Drill Utility	0.61	0.64	0.35
Queue in Mill station	0.12	0.15	0.44
Average Mill Utility	0.36	0.36	0.39

Kebijakan terbaik yang diusulkan untuk perusahaan adalah mereka beroperasi dengan konfigurasi mesin awal menggunakan jadwal 13 jam dalam sehari selama 25 hari dalam sebulan.

Beberapa kemungkinan penelitian lebih lanjut adalah : 1) untuk melengkapi data real sehingga

hasilnya akan semakin mencerminkan kondisi riil di pabrik, 2) mencoba strategi operasional yang lain untuk sistem, 3) mempertimbangkan perbandingan investasi terhadap keuntungan yang dihasilkan dari model awal daripada masing-masing skenario.

VI. LAMPIRAN

Tabel 2. Data untuk input

Proses	Distribusi (menit)	Sumber Daya	Prioritas
Turning	NORM (15.2 , 1.27)	2 mesin bubut	Medium
Drilling	TRIA (6.74, 7.16, 7.47)	1 mesin bor	Medium
Milling	UNIF (4.62, 5.58)	1 mesin milling	Medium
Inspection 1 or 2	TRIA (0.39, 0.477, 0.6)	2 inspektor	High
Grinding	NORM (6.65 , 0.93)	1 gerinda & 1 operator	Medium
Transfer to Production	TRIA (0.39, 0.477, 0.6)	-	-
Transfer between	UNIF (0.76 , 1.3)	-	-

UCAPAN TERIMA KASIH :

Penulis ingin berterima kasih pada Wirabhuaana (2000) untuk datanya yang digunakan dalam makalah ini

DAFTAR PUSTAKA

- Banks, J., J.S. Carson, and B.L. Nelson, 1996, Discrete-Event System Simulation, Prentice Hall, New Jersey.
- Chance, F., J. Robinson, and J. Fowler, 1996, Supporting manufacturing with simulation: model design, development, and deployment, Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference, San Diego, CA, pp. 1-8.
- Hoover, S.V. and R.F Perry, 1990, Simulation; a Problem Solving Approach, Addison Wesley, USA.
- Kelton, D.W., A.M .Law., and D.A. Sadowsky, 1998, Simulation with Arena, WCB McGraw-Hill.
- Law, A.M. and D.W. Kelton, 2000, Simulation Modeling and Analysis, McGraw-Hill, New York.
- Wirabhuaana, A., 2000, Penentuan Skenario Alokasi Sumberdaya Peralatan Sebagai Usaha Peningkatan Kinerja Sistem Manufaktur Berdasarkan Model Simulasi Sistem Diskrit Berbasis Komputer, UIN Sunan Kalijaga.
- Yucesan, E. and J. Fowler, 2000, Simulation Analysis of Manufacturing and Logistics Systems, Encyclopedia of Production and Manufacturing Management, Kluwer Academic Publishers, Boston, P. Swamidass ed. , pp. 687-697.