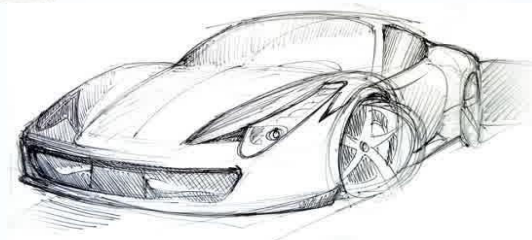
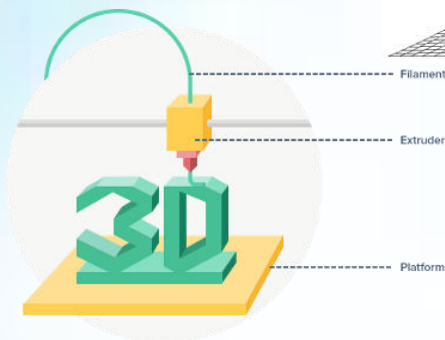
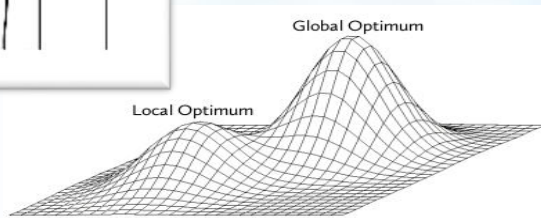
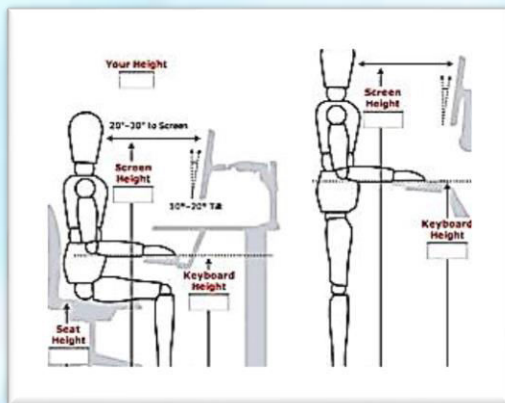


JURNAL REKAVASI

Jurnal Rekayasa & Inovasi Teknik Industri



Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta					
Jurnal REKAVASI	Vol. 3	No. 1	Hlm. 1-60	Yogyakarta Mei 2015	ISSN: 2338-7750

Daftar Isi

Analisis Produktivitas Pabrik Spiritus dengan Metode Objektif <i>Matrix</i> dan <i>Green Productivity</i> di PT. Madu Baru <i>Abrianto, Endang Widuri Asih, Joko Susetyo</i>	1-7
Desain Ulang Mesin Pemotong Tempe Menggunakan Metode <i>Service Quality (Servqual)</i> dan <i>Quality Function Deployment (QFD)</i> Melalui Pendekatan Antropometri <i>Ayu Wulandari Saraswati, Titin Isna Oesman, Imam Sodikin</i>	8-14
Analisis Penentuan Restoran Cepat Saji Lokal Terbaik dengan Menggunakan Metode Topsis dan AHP <i>Bendi Oktarando, Indri Parwati, Imam Sodikin</i>	15-21
Studi Kelayakan Bisnis Mocaf (<i>Modified Cassava Flour</i>) Guna Pemanfaatan Sumberdaya Lokal di Kabupaten Wonogiri Propinsi Jawa Tengah <i>Lia Rusdiana Dewi, Titien Isna Oesman, P. Wisnubrata</i>	22-28
Pengendalian Persediaan Critical Spare Part dengan Pendekatan Continuous Review System pada UPT Balai Yasa Yogyakarta <i>Mega Nurmanita, Imam Sodikin, Titin Isna Oesman</i>	29-37
<i>Redesign</i> Keranjang Sampah Berdasarkan Pendekatan Ergonomi dengan Menggunakan Data Antropometri untuk Mengurangi Cedera Fisik pada Pemulung <i>Monika D.Y. Sareng, Titin Isna Oesman, Joko Susetyo</i>	38-45
Perencanaan Jumlah Mesin yang Optimal Guna Menyeimbangkan Lintasan Produksi Ditinjau dari Simulasi Sistem dan Nilai Investasi (Studi Kasus di CV. Creative 71 Yogyakarta) <i>Nashrudin, Imam Sodikin, Joko Susetyo</i>	46-53
Penerapan Konsep <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i> dalam Pengendalian Kualitas Produk dengan Menggunakan <i>Six Sigma</i> <i>Wahyu Oktri Widyarto, Gerry Anugrah Dwiputra, Yitno Kristiantoro</i>	54-60

**PERENCANAAN JUMLAH MESIN YANG OPTIMAL GUNA
MENYEIMBANGKAN LINTASAN PRODUKSI DITINJAU
DARI SIMULASI SISTEM DAN NILAI INVESTASI
(Studi Kasus di CV. Creative 71 Yogyakarta)**

Nashrudin, Imam Sodikin, Joko Susetyo
Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Jl. Kalisahak 28 Yogyakarta
Email : nashr.din@gmail.com

ABSTRACT

CV. Creative 71 (C71) is a company engaged in the manufacture of bus seats. Product demand that is not backed by the full production facilities often cause disfluencies in production activities, so much the accumulation of goods waiting to be processed. One of the efforts made to minimize the queue is the determination of the optimal number of machines on the production line.

In this study analyzed the balance of the production line system simulation approach assisted with software ProModel and investment value approach by using the NPV (Net Present Value), IRR (Internal Rate of Return) and BCR (Benefit Cost Ratio).

Based on the results of the data processing system simulation approach to the addition of the results obtained optimum engine is 1 piece painting at the work station. Congestion on painting decreased from 5.95% to 3.30% on the painting machine 1 and 3.16% in the second painting machine. While the investment value of the addition of 1 fruit machine NPV positive value of Rp 701,239,105,- the method of the IRR is greater than the expected rate of return is equal to 2505.3% > 15%, and the obtained values BCR method 1.143 (BCR > 1) is thus of the three methods showed that the investment viable.

Keywords : Line Balancing, System Simulation, Net Present Value, Internal Rate of Return, Benefit Cost Ratio.

INTISARI

CV. Creative 71 (C71) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada pembuatan jok bus. Banyaknya permintaan produk yang tidak didukung dengan lengkapnya fasilitas produksi sering kali menyebabkan ketidaklancaran dalam kegiatan produksi, sehingga banyak terjadi penumpukan barang yang menunggu untuk diproses. Salah satu upaya yang dilakukan untuk meminimalisir antrian adalah penentuan jumlah mesin yang optimal pada lini produksi.

Pada penelitian ini menganalisis keseimbangan lintasan produksi dengan pendekatan simulasi sistem yang dibantu dengan *software* ProModel serta pendekatan nilai investasi menggunakan *NPV (Net Present Value)*, *IRR (Internal Rate of Return)* dan *BCR (Benefit Cost Ratio)*.

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan pendekatan simulasi sistem diperoleh hasil penambahan mesin yang optimal adalah 1 buah pada stasiun kerja pengecatan. Kemacetan pada pengecatan mengalami penurunan dari 5,95% menjadi 3,30% pada mesin pengecatan 1 dan 3,16% pada mesin pengecatan 2. Sedangkan nilai investasi dari penambahan 1 buah mesin diperoleh *NPV* bernilai positif yaitu Rp 701.239.105,- pada metode *IRR* lebih besar dari tingkat pengembalian yang diharapkan yaitu sebesar 2505,3% > 15%, dan pada metode *BCR* diperoleh nilai 1,143 (*BCR* > 1) dengan demikian dari ketiga metode menunjukkan bahwa investasi layak dijalankan.

Kata Kunci : Keseimbangan Lintasan, Simulasi Sistem, *Net Present Value*, *Internal Rate of Return*, *Benefit Cost Ratio*.

PENDAHULUAN

Ketatnya persaingan di dunia industri yang sejenis dan situasi perekonomian perusahaan yang belum stabil, maka suatu perusahaan dipaksa untuk lebih meningkatkan efektivitas, efisiensi dan kelancaran dalam kegiatan operasi karena perusahaan-perusahaan tersebut bersaing untuk mencapai tujuan yang sama.

CV. Creative 71 merupakan salah satu dari sekian banyak perusahaan yang bergerak pada pembuatan jok bus. Tuntutan persaingan yang semakin ketat dan keadaan yang berada pada tahap berkembang mengharuskan Creative 71 bekerja keras untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Banyaknya permintaan produk yang tidak didukung dengan lengkapnya fasilitas produksi sering kali menyebabkan ketidaklancaran dalam kegiatan produksi, sehingga banyak terjadinya penumpukan barang yang menunggu untuk diproses.

Salah satu upaya dalam meminimalisasi antrian pada aliran proses produksi adalah menentukan jumlah mesin (*server*). Penentuan jumlah mesin yang optimal diharapkan akan memberikan jumlah produk yang dihasilkan lebih optimal dan dapat memenuhi perbedaan waktu kerja antar departemen serta memperkecil waktu tunggu.

Penggunaan alat bantu komputer khususnya *software* ProModel akan membantu untuk dapat menentukan jumlah mesin yang optimal yaitu dengan cara menyimulasikan sistem nyata ke dalam model pada ProModel. Setelah dilakukan simulasi nantinya akan didapatkan informasi mengenai stasiun kerja yang mengalami *bottleneck* dalam bentuk prosentase. Melalui pendekatan investasi maka penambahan jumlah mesin akan lebih memberi nilai untung bagi perusahaan di waktu yang akan datang. *Net Present Value (NPV)* merupakan salah satu cara untuk mengetahui layak tidaknya suatu investasi. Pada pendekatan investasi juga digunakan metode *Benefit Cost Ratio (BCR)*. *BCR* selain digunakan untuk menganalisis kelayakan investasi juga sering digunakan kriteria rasio biaya manfaat, sehingga akan diketahui mesin mana yang lebih bermanfaat nantinya.

Selain dari segi finansial, perusahaan juga merasa untung karena tidak lagi mengalami kemacetan pada rantai produksi, dengan demikian kepuasan pelanggan dalam menerima barang tidak terlambat dan akan terjaga kepercayaan dari pelanggan terhadap perusahaan.

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan jumlah mesin yang optimal agar tidak terjadi *bottleneck* dengan menggunakan simulasi sistem dan ditinjau dari nilai investasi. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah model simulasi pada lini produksi untuk mengidentifikasi stasiun kerja yang mengalami *bottleneck* dan penentuan jumlah mesin yang optimal selanjutnya dilakukan analisis nilai investasi terhadap penambahan mesin tersebut.

Keseimbangan Kapasitas Lintasan Produksi

Keseimbangan lintasan perakitan berhubungan erat dengan produksi massal. Sejumlah pekerjaan perakitan dikelompokkan ke dalam beberapa pusat-pusat kerja, yang sering disebut sebagai stasiun kerja. Waktu yang diizinkan untuk menyelesaikan elemen pekerjaan itu ditentukan oleh kecepatan lintasan perakitan. Semua stasiun kerja sedapat mungkin harus memiliki waktu siklus yang sama. Bila suatu stasiun kerja memiliki waktu di bawah waktu siklus idealnya, maka stasiun tersebut akan memiliki waktu menganggur. Tujuan akhir dari keseimbangan lintasan adalah meminimasi waktu menganggur di setiap stasiun kerja, sehingga dicapai efisiensi kerja yang tinggi pada setiap stasiun kerja (A. H. Nasution, 1999).

Model

Model merupakan representasi dari sistem yang ditentukan tujuan studi terhadap sistem. Bagi sebagian besar studi, tidak perlu memperhatikan semua detail sebuah sistem, karena itu sebuah model tidak sekedar menjadi pengganti sistem, namun model adalah penyederhanaan sebuah sistem. Sebaliknya, sebuah model harus cukup detail untuk memberikan kesimpulan *valid* yang bisa menggambarkan sistem yang dikaji (Jerry Banks and John S. Carson, 1998).

Validasi Model

Menurut Averill M. Law and W. David Kelton, (2000) validasi merupakan proses penentuan apakah model konseptual simulasi benar – benar merupakan representasi akurat dari sistem nyata yang dimodelkan. Suatu model dikatakan *valid* ketika tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan sistem nyata yang diamati. Validasi dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji statistik yang meliputi uji kesamaan dua rata – rata (*t test*) dan uji kesamaan dua variansi (*f test*).

Antrian

Fenomena menunggu adalah hasil langsung dari keacakan dalam operasi sarana pelayanan (Hamdy A. Taha, 1997). Menurut P. Siagian (1987), antrian ialah suatu garis tunggu dari nasabah (satuan) yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayan (fasilitas layanan).

Simulasi

Simulasi merupakan salah satu cara untuk memecahkan berbagai persoalan yang dihadapi di dunia nyata (*real world*). Menurut M. Iqbal Hasan (2002), simulasi merupakan suatu model pengambilan keputusan dengan mencontoh atau mempergunakan gambaran sebenarnya dari suatu sistem kehidupan dunia nyata tanpa harus mengalaminya pada keadaan yang sesungguhnya.

Simulasi dapat diartikan sebagai suatu sistem yang digunakan untuk memecahkan atau menguraikan persoalan-persoalan dalam kehidupan nyata yang penuh dengan ketidakpastian dengan tidak atau menggunakan model atau metode tertentu dan lebih ditekankan pada pemakaian komputer untuk mendapatkan solusinya.

Investasi

Investasi merupakan pengeluaran sesuatu harapan di masa yang akan datang dan bertujuan untuk memperoleh manfaat yang layak. Investasi secara umum dapat dibedakan menjadi dua yaitu investasi finansial dan investasi nyata (Joko Susetyo, 2009). Tujuan utama investasi adalah memperoleh berbagai macam manfaat dikemudian hari, baik manfaat yang berupa imbalan keuangan seperti laba atau manfaat *non-keuangan* dan atau kedua-duanya.

a. *NPV (Net Present Value)*

Kriteria nilai sekarang bersih (*NPV*) adalah analisis untuk mengetahui nilai uang saat ini atas dasar tingkat bunga yang telah ditentukan dari sejumlah uang yang akan dimiliki pada masa yang akan datang.

Besarnya *NPV* dinyatakan dalam rumus (Joko Susetyo, 2009):

$$NPV = \sum_{t=0}^n C_t (1 + i)^{-n} \dots\dots\dots(1)$$

b. *IRR (Internal Rate of Return)*

Internal Rate of Return (IRR) adalah tingkat pengembalian internal dari investasi. *IRR* adalah tingkat bunga yang akan dihitung pada saat investasi bernilai impas, atau pada saat *NPV* = 0. Perhitungan untuk mencari nilai *IRR* biasanya dilakukan secara coba-coba (*trial and error*).

Besarnya *IRR* dapat dihitung dari rumus interpolasi (Jogiyanto, 1995):

$$IRR = i_1 + \frac{(i_2 - i_1) \times NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \dots\dots\dots(2)$$

c. *BCR (Benefit Cost Ratio)*

Untuk menganalisis kelayakan investasi juga sering digunakan kriteria rasio biaya manfaat. Penggunaannya amat dikenal dengan mengevaluasi proyek investasi untuk kepentingan umum nilai rasio biaya manfaat dapat dihitung dengan rumus (Vincent Gaspersz, 2005):

$$BCR = \frac{\sum Bt (1+i)^{-1}}{\sum Ct (1+i)^{-1}} \dots\dots\dots(3)$$

PEMBAHASAN

Data Investasi Awal Pembelian Mesin

Pengumpulan data pada analisis investasi salah satunya adalah kebutuhan biaya untuk investasi penambahan 1 buah mesin cat, uraian kebutuhan biaya dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini :

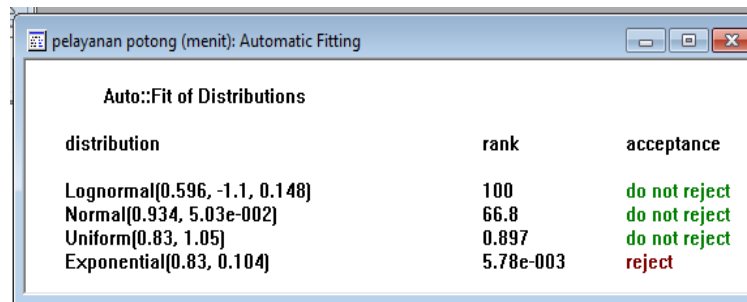
Tabel 1. Data pembelian mesin cat dan perlengkapannya

Jenis mesin	Umur Ekonomis	Harga Mesin (Rp)	Nilai Sisa (Rp)
Kompresor Udara	8 tahun	4.000.000	2.800.000
Spray gun	8 tahun	450.000	120.000
Slang spray	8 tahun	200.000	80.000
Meja	8 tahun	80.000	20.000
Jumlah		4.730.000	3.020.000

Total biaya investasi awal untuk penambahan 1 buah mesin cat dan perlengkapannya adalah sebesar Rp 4.730.000,- dengan nilai sisa Rp 3.020.000,- serta memiliki umur ekonomis selama 8 tahun.

Pengolahan Data Simulasi

Berdasarkan data pengamatan yang telah diambil maka selanjutnya dilakukan proses uji jenis distribusi untuk mengetahui jenis distribusi dari hasil pengamatan yang diambil dari sistem nyata. Pada uji distribusi dilakukan dengan alat bantu *Stat::Fit*. *Stat::Fit* adalah sebuah *tool* yang terdapat pada *software* ProModel, digunakan untuk mengubah data menjadi distribusi statistik yang dapat digunakan untuk menyatakan distribusi waktu *operation* pada *processing* atau distribusi waktu kedatangan pada *arrivals*. Pada gambar 1 merupakan contoh hasil uji distribusi *Stat::Fit*, lalu pilih distribusi yang memiliki *ranking* tinggi dan yang tidak ditolak (*do not reject*).



Gambar 1. Hasil *Stat::Fit* waktu pelayanan pemotongan

Berikut ini pada tabel 2 adalah hasil perhitungan uji jenis distribusi pada data yang telah diambil dan diolah dengan menggunakan *Stat::Fit*.

Tabel 2. Hasil distribusi data

No	Data	Distribusi	Parameter Distribusi
1	Waktu kedatangan pemotongan	<i>Lognormal</i>	L(4.03, 5.26e-002)
2	Waktu pelayanan pemotongan	<i>Lognormal</i>	L(0.596, 0.148)
3	Waktu kedatangan <i>rolling</i>	<i>Normal</i>	N(0.75, 0.1)
4	Waktu pelayanan <i>rolling</i>	<i>Normal</i>	N(2.56, 0.133)
5	Waktu kedatangan pengelasan	<i>Exponential</i>	E(2.42, 0.464)
6	Waktu pelayanan pengelasan	<i>Lognormal</i>	L(6.62, 1.5e-003)
7	Waktu kedatangan pengecatan	<i>Lognormal</i>	L(6.62, 1.35e-003)
8	Waktu pelayanan pengecatan	<i>Exponential</i>	E(50, 6.47)
9	Waktu kedatangan pembusaan	<i>Exponential</i>	E(50, 6.14)
10	Waktu pelayanan pembusaan	<i>Lognormal</i>	L(1.88, 0.721)
11	Waktu kedatangan mesin jahit	<i>Lognormal</i>	L(4.05, 5.73e-002)
12	Waktu pelayanan jahit	<i>Uniform</i>	U(51.5, 63.1)
13	Waktu kedatangan <i>finishing</i>	<i>Lognormal</i>	L(3.09, 0.299)
14	Waktu pelayanan <i>finishing</i>	<i>Normal</i>	N(55.4, 1.81)

Setelah selesai proses *penginputan* data ke *software* ProModel selanjutnya dilakukan simulasi dengan *Run Time* 42 jam dan jumlah replikasi awal (*number of replication*) adalah 20, berikut hasil simulasi yang dapat dilihat pada tabel 3 :

Tabel 3. Hasil simulasi

No	Hasil Simulasi	No	Hasil Simulasi
1	268	12	281
2	279	13	273
3	287	14	269
4	244	15	253
5	256	16	260
6	283	17	263
7	258	18	280
8	280	19	266
9	262	20	272
10	271	Rata-rata	267,9
11	253	Standar Deviasi	11,73

Number of Replication merupakan banyak replika atau pengulangan yang akan digunakan untuk pengekseskuan sistem simulasi. Penentuan banyaknya replikasi menggunakan metode *absolute* dengan

error yang akan ditanggung sebesar nilai *half width* dan tingkat kepercayaan 95%. (Averill M. Law and W. David Kelton, 2000)

$$\begin{aligned} \text{Half width} &= \frac{(t_{n-1,\alpha/2}) \times s}{\sqrt{n}} \\ \text{Half width} &= \frac{(2,09302) \times 11,73}{\sqrt{20}} \\ \text{Half width} &= 5,49 \\ \text{Error (e)} &= \text{Half Width} \\ n' &= \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) \cdot s}{e} \right]^2 \\ n' &= \left[\frac{(Z_{0,025}) \cdot 11,73}{5,49} \right]^2 \\ n' &= \left[\frac{(1,96) \cdot 11,73}{5,49} \right]^2 \\ n' &= 17,54 \approx 18 \end{aligned}$$

Jumlah minimal replikasi simulasi untuk memperoleh data yang *steady state* yaitu sebanyak 18 replikasi, dengan demikian replikasi sebanyak 20 sudah menyerupai sistem nyata, sehingga tidak perlu penambahan jumlah replikasi.

Selanjutnya dilakukan simulasi dengan *number of replication* adalah 20, berikut hasil simulasi yang dapat dilihat dari *general report* seperti pada gambar 2.

TA Ske-0.MOD (Normal Run - Avg. Reps)							
Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Potong 1	42,00	0,67	0,00	2,52	0,00	96,81	0,00
Potong 2	42,00	0,65	0,00	2,37	0,00	96,98	0,00
Rolling 1	42,00	2,76	0,00	1,30	0,00	95,94	0,00
Rolling 2	42,00	2,79	0,00	1,30	0,00	95,92	0,00
Las 1	42,00	4,65	0,00	1,02	0,00	94,32	0,00
Las 2	42,00	4,63	0,00	1,03	0,00	94,34	0,00
Las 3	42,00	4,50	0,00	1,16	0,00	94,34	0,00
Cat	42,00	91,46	0,00	2,59	0,00	5,95	0,00
Jahit 1	42,00	68,17	0,00	2,92	28,91	0,00	0,00
Jahit 2	42,00	67,34	0,00	2,64	30,02	0,00	0,00
Jahit 3	42,00	66,30	0,00	2,55	31,15	0,00	0,00
Spon 1	42,00	1,19	0,00	49,08	48,55	1,18	0,00
Spon 2	42,00	1,18	0,00	51,15	46,58	1,10	0,00
Spon 3	42,00	1,14	0,00	52,16	46,11	0,59	0,00
Finishing 1	42,00	34,86	0,00	65,14	0,00	0,00	0,00
Finishing 2	42,00	34,77	0,00	65,23	0,00	0,00	0,00
Finishing 3	42,00	33,35	0,00	66,65	0,00	0,00	0,00

Gambar 2. *General report* hasil simulasi

Berdasarkan tampilan *general report* bagian *blocked* ada beberapa yang menunjukkan prosentase sangat besar. *Blocked* merupakan ketertundaan *resource* atau barang setengah jadi karena stasiun kerja yang ada didepannya masih dalam keadaan sibuk atau mengalami proses operasi yang padat.

Stasiun kerja yang mengalami ketertundaan sangat besar dalam pengiriman antara lain stasiun pemotongan 1 dengan 96,81% *blocked*, pemotongan 2 dengan 96,98% *blocked*, stasiun kerja *rolling* 1 95,94% *blocked*, stasiun kerja *rolling* 2 95,92% *blocked*, stasiun kerja las 1 94,32% *blocked*, stasiun kerja las 2 94,34% *blocked* dan stasiun kerja las 3 94,34% *blocked*.

Penyebab utama terjadinya ketertundaan pengiriman ada pada stasiun kerja pengecatan, karena pada stasiun ini hanya ada satu buah mesin yang membutuhkan waktu proses cukup lama, dengan demikian maka stasiun kerja didepannya mengalami ketertundaan dalam pengiriman. Untuk meminimalisir terjadinya kemacetan maka pada stasiun kerja pengecatan perlu dilakukan penambahan mesin.

Validasi model merupakan langkah untuk menguji apakah model yang telah disusun dapat merepresentasikan sistem nyata. Setelah dilakukan uji validitas, maka hasil simulasi dinyatakan valid dan

sesuai dengan sistem nyata. Di bawah ini pada tabel 4 adalah ringkasan hasil proses pengujian validasi model :

Tabel 4. Uji validitas model

No	Metode Validitas	Batas		Nilai Statistik	Ket
		Kiri	Kanan		
1	Kesamaan rata – rata (t-test)	-1,729	1,729	$T_{hitung} = 1,716$	valid
2	Kesamaan variansi (F-test)	-4,10	4,10	$F_{hitung} = 2,944$	valid

Analisis Simulasi Sistem dengan ProModel

Setelah dilakukan uji validasi model, maka dilakukan pengembangan model usulan untuk perbaikan sistem nyata. Perbandingan dari hasil simulasi sistem dengan pengembangan model usulan terhadap sistem nyata dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Perbandingan *blocked* pengembangan model usulan

Stasiun Kerja	Sistem Nyata (%)	Alternatif 1 (%)	Alternatif 2 (%)	Alternatif 3 (%)
Pemotongan 1	96,81	96,17	91,88	91,44
Pemotongan 2	96,98	96,12	91,72	91,78
Rolling 1	95,94	92,61	81,19	80,91
Rolling 2	95,92	92,63	81,29	80,95
Pengelasan 1	94,32	89,48	74,53	74,20
Pengelasan 2	94,34	89,54	74,47	74,35
Pengelasan 3	94,34	89,59	74,49	74,23
Pengecatan 1	5,95	3,30	24,53	30,57
Pengecatan 2	-	3,16	25,19	31,85
Pengecatan 3	-	-	24,28	31,75
Pengecatan 4	-	-	-	32,69

Selisih kemacetan antara sistem nyata dengan model usulan dapat dilihat pada tabel 6 di bawah ini :

Tabel 6. Selisih tingkat *bocked* model usulan dengan sistem nyata

Stasiun Kerja	Alternatif 1 (%)	Alternatif 2 (%)	Alternatif 3 (%)
Pemotongan 1	0,64	4,93	5,37
Pemotongan 2	0,86	5,26	5,20
Rolling 1	3,33	14,75	15,03
Rolling 2	3,29	14,63	14,97
Pengelasan 1	4,84	19,79	20,12
Pengelasan 2	4,80	19,87	19,99
Pengelasan 3	4,75	19,85	20,11
Pengecatan 1	2,65	-18,58	-24,62
Pengecatan 2	-3,16	-25,19	-31,85
Pengecatan 3	-	-24,28	-31,75
Pengecatan 4	-	-	-32,69

Berdasarkan analisis pengembangan model usulan di atas dapat dilihat bahwa rata-rata stasiun kerja sebelum proses pengecatan mengalami penurunan tingkat *bottleneck*. Hal ini menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengembangan model dengan menambah beberapa mesin pada proses pengecatan dapat meminimalisir terjadinya *bottleneck*. Pada alternatif 2 dan alternatif 3 stasiun pengecatan justru mengalami kenaikan kemacetan, karena stasiun kerja yang ada didepannya mengalami kesibukan operasi.

Hasil positif pengembangan model selain dilihat dari perbandingan *blocked* pengembangan model usulan dapat juga dilihat dari perbandingan *operation* pengembangan model usulan. Perbandingan *operation* pengembangan model usulan dengan sistem nyata dapat dilihat pada tabel 7 berikut ini:

Tabel 7. Perbandingan *operation* pengembangan model usulan

Stasiun Kerja	Sistem Nyata (%)	Alternatif 1 (%)	Alternatif 2 (%)	Alternatif 3 (%)
Pemotongan 1	0,67	1,24	4,57	4,58
Pemotongan 2	0,65	1,26	5,74	4,59
Rolling 1	2,76	5,26	15,91	16,15
Rolling 2	2,79	5,22	15,78	16,06
Pengelasan 1	4,65	8,94	23,20	23,52
Pengelasan 2	4,63	8,87	23,18	23,32
Pengelasan 3	4,50	8,73	22,95	23,23
Pengecatan 1	91,46	94,14	72,67	67,10
Pengecatan 2	-	94,43	71,91	65,68
Pengecatan 3	-	-	72,56	65,64
Pengecatan 4	-	-	-	64,54

Selisih tingkat operasi antara sistem nyata dengan model usulan dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Selisih tingkat *operation* model usulan dengan sistem nyata

Stasiun Kerja	Alternatif 1 (%)	Alternatif 2 (%)	Alternatif 3 (%)
Pemotongan 1	0,57	3,90	3,91
Pemotongan 2	0,61	5,09	3,94
Rolling 1	2,50	13,15	13,39
Rolling 2	2,43	12,99	13,27
Pengelasan 1	4,29	18,65	18,87
Pengelasan 2	4,24	18,55	18,69
Pengelasan 3	4,23	18,45	18,73
Pengecatan 1	2,68	-18,79	-24,36
Pengecatan 2	94,43	-71,91	-31,85
Pengecatan 3	-	-72,56	-65,64
Pengecatan 4	-	-	-64,65

Pada tabel 7 dan tabel 8 menunjukkan bahwa adanya peningkatan *operation* pada beberapa stasiun kerja. Peningkatan *operation* ini merupakan adanya penurunan waktu menganggur pada stasiun kerja, sehingga stasiun kerja lebih banyak melakukan proses operasi. Stasiun kerja pengecatan pada alternatif pertama mengalami peningkatan dari 91,46% menjadi 94,14% pada mesin 1 dan 94,43% pada mesin 2, tetapi pada alternatif kedua dan alternatif ketiga mengalami penurunan. Penurunan *operation* ini terjadi karena stasiun kerja pengecatan mulai mengalami menganggur, sebab penambahan mesin pada pengecatan menimbulkan padatnya proses operasi pada stasiun kerja setelah pengecatan.

Pengambilan keputusan penambahan jumlah mesin yang optimal melalui pendekatan simulasi sistem yaitu sebanyak 1 buah mesin, karena dengan penambahan 1 buah mesin dapat mengurangi kemacetan dan meningkatkan tingkat operasi pada stasiun kerja sebelum pengecatan, tetapi apabila dilakukan penambahan mesin lebih dari 1 dapat menyebabkan timbulnya kemacetan pada stasiun kerja setelah pengecatan, selain itu apabila dilakukan penambahan jumlah mesin lebih dari 1 maka pengecatan juga mulai mengalami kenaikan waktu menganggur.

Berdasarkan pengambilan keputusan untuk melakukan penambahan satu buah mesin cat, selanjutnya dilakukan analisis kelayakan investasi tersebut. Ringkasan analisis kelayakan investasi penambahan 1 buah mesin cat pada CV Creative 71 dengan kriteria *NPV*, *IRR* dan *BCR* dapat dilihat pada tabel 9 berikut ini:

Tabel 9. Hasil analisis investasi

No	Alat Ukur	Standart C71	Hasil Pengukuran	Keterangan
1	<i>Net Present Value</i>	Positif lebih besar dari satu	Rp 701.239.105,-	Layak
2	<i>Internal Rate of Return</i>	15%	2505,3%	Layak
3	<i>Benefit Cost Ratio</i>	Positif lebih besar dari satu	1,143	Layak

Berdasarkan analisis investasi pada tabel 9 menunjukkan bahwa investasi penambahan 1 buah mesin layak untuk dilaksanakan yaitu dengan nilai *Net Present Value* Rp 701.239.105,- *Internal Rate of Return* sebesar 2505,3% serta nilai *Benefit Cost Ratio* sebesar 1,143.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengukuran, analisis data dan hasil pembahasan penelitian maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pembuatan model dilakukan dengan cara menyimulasikan sistem nyata yang terjadi pada lini produksi pembuatan jok bus ke dalam *software* ProModel dan dilakukan pengembangan model usulan sebanyak 3 alternatif untuk perbaikan sistem nyata. Pada validasi model setelah dilakukan uji kesamaan rata-rata dengan hasil $T_{hitung} = 1,716 < T_{tabel} = 1,729$ dan uji kesamaan variansi dengan hasil $F_{hitung} = 2,944 < F_{tabel} = 4,10$ menunjukkan bahwa model simulasi telah valid dan cukup representatif untuk perencanaan jumlah mesin yang optimal pada lini produksi CV. Creative 71.
2. Berdasarkan hasil simulasi sistem nyata dan simulasi model usulan diperoleh hasil penurunan ketertundaan (*blocked*) pada stasiun kerja potong 1 sebesar 96,81% menjadi 96,17%, stasiun kerja potong 2 awalnya sebesar 96,98% menjadi 96,12%, stasiun kerja *rolling* 1 pada awalnya sebesar 95,94% menurun menjadi 92,61%, stasiun kerja *rolling* 2 pada awalnya sebesar 95,92% menurun menjadi 92,63%, stasiun kerja pengelasan 1 awalnya 94,32% menjadi 89,48%, stasiun kerja pengelasan 2 awalnya 94,34% menjadi 89,54%, stasiun kerja pengelasan 3 awalnya 94,34% menjadi 89,59%, stasiun kerja pengecatan 1 menurun dari 5,95% menjadi 3,30% dan pada stasiun pengecatan 2 (alternatif 1) mengalami kemacetan sebesar 3,16% *blocked*. Selain dengan menurunnya tingkat kemacetan (*blocked*), tingkat kelambatan operasi juga bisa dilihat dari meningkatnya prosentase *operation* pada sebagian besar stasiun kerja.
3. Dari tiga alternatif pengembangan model yang diusulkan yaitu dengan menambah mesin cat sebanyak 1, 2 dan 3 buah. Jumlah optimal penambahan mesin cat berdasarkan pendekatan simulasi sistem yaitu sebanyak 1 (satu) buah mesin cat dengan mengalami penurunan ketertundaan (*blocked*) dari 5,95% menjadi 3,30% pada mesin pengecatan 1 dan 3,16% pada mesin pengecatan 2. Efisiensi stasiun kerja juga telah meningkat yaitu berdasarkan dari selisih *operation* pada pemotongan 1 sebesar 0,57%, pemotongan 2 sebesar 0,61%, *rolling* 1 sebesar 2,50%, *rolling* 2 sebesar 2,43%, pengelasan 1 sebesar 4,29%, pengelasan 2 sebesar 4,24%, pengelasan 3 sebesar 4,23% dan pengecatan sebesar 2,68% pada alternatif 1.
4. Hasil analisis investasi pada keputusan untuk menambah 1 (satu) buah mesin cat menunjukkan bahwa investasi layak untuk dijalankan dengan nilai *Net Present Value* Rp 701.239.105,- *Internal Rate of Return* sebesar 2505,3% serta nilai *Benefit Cost Ratio* sebesar 1,143.

DAFTAR PUSTAKA

- A. H. Nasution, 1999, *Perencanaan & Pengendalian Produksi*, Guna Widya, Surabaya.
- Averill M. Law and W. David Kelton, 2000, *Simulation Modeling and Analysis*, Mc Graw-Hill.
- Hamdy A. Taha, 1997, *Operation Research*, Prentice Hall Inc, Arkansas.
- Jerry Banks and John S. Carson, 1998, *Discrete Event Simulation*, John Willey & Son Inc, Georgia.
- Jogiyanto, 1995, *Analisis dan Desain : Sistem Informasi Pendekatan Terstruktur*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Joko Susetyo, 2009, *Ekonomi Teknik*, AKPRIND Press, Yogyakarta.
- M. Iqbal Hasan, 2002, *Pokok – Pokok Materi : Teori Pengambilan Keputusan*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- P. Siagian, 1987, *Penelitian Operasional : Teori dan Praktek*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Vincent Gaspersz, 2005, *Ekonomi Managerial*, edisi revisi: Pembuatan Keputusan Ekonomi, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.