

Penentuan Alokasi Buffer Untuk Meningkatkan Performansi Lini Produksi (Studi Kasus di PT. General Electric Lighting Indonesia)

I Wayan Suletra, Muh. Hisyam, Sigit Prasetyo
Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Abstract

PT. GE Lighting Indonesia is a manufacturing company that producing lamp. In generally, PT. GE Lighting Indonesia's producing line consists of 5 machines with buffer allocation storage between machine that have early capacity of $buffer1= 1225$ units, $buffer2= 915$ units, $buffer3=820$ units, and $buffer4=545$ units. The allocation of these buffer is definitely done with purpose to place output from machine before processed to the next machine. Time difference process in every machine make the stream of production process become less fluent and affecting less maximal throughput. Other cause that making the throughput of production line process less maximal is machine damage factor. Although the preventive maintenance policy is applied in PT. GE Lighting Indonesia remain to be the machine damage cannot be obviated at production process take place.

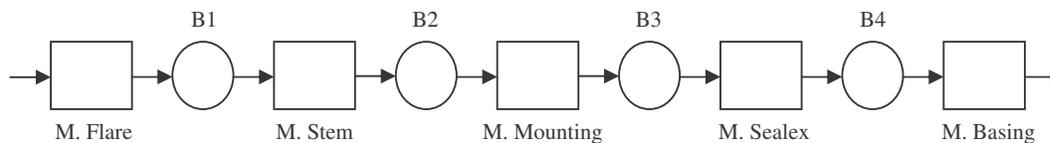
This research will try to redetermine the buffer allocation in PT. GE Lighting Indonesia in order to make the production process more fluent, so that can increase the throughput in production line. The method that is use to redetermine the buffer allocation is simulation approach. The reason why the author use this method is because there wasn't found a representative and valid analytical model that match with the system. The simulation is done with Promodel 4.0 software.

Based on the experiment design and running of simulation, it's achieved a conclusion that the best alternative buffer capacity is at 900 units ($buffer1$, $buffer2$, $buffer3$, $buffer4$ has a same capacity at 900 units) with average throughput at 9.651 units/shift. While in the early buffer capacity only produce as many as 9.207 units/shift. Finally, if it's compared with the early condition, redetermining the buffer allocation can increase the throughput of production line process equal to 444 units/shift.

Keywords : buffer, throughput, production line, simulation

1. Pendahuluan

Secara umum lini produksi di PT. GE Lighting Indonesia terdiri dari 5 buah mesin yang disusun secara berurutan (*serial line*) dan terdapat *buffer* penyangga yang diletakkan diantara mesin. Model lini produksi di PT. GE Lighting Indonesia dapat dijelaskan seperti **Gambar 1.1** :



Gambar 1 Model lini produksi di PT. GE Lighting Indonesia

Proses produksi pembuatan lampu di PT. GE Lighting Indonesia menggunakan mesin semi otomatis yang mana operator hanya memasukkan input bahan baku kemudian secara

otomatis mesin akan memproses bahan baku tersebut. Setiap mesin memiliki waktu proses yang berbeda-beda yang menyebabkan lini produksi menjadi tidak seimbang. Jika sebuah mesin memiliki waktu proses lebih lama dari mesin sebelumnya, maka disitulah terjadi *bottleneck*. (Powell, Stephen G; Pyke, David F, 1996). Di sisi lain mesin yang lain harus menunggu / *idle* untuk beberapa saat. Hal inilah yang membuat aliran proses produksi terputus-putus, pada akhirnya memiliki dampak terhadap *throughput* lini produksi yaitu menjadi kurang maksimal.

Salah satu pertanyaan yang paling menarik bagi perancang suatu lini produksi adalah penentuan alokasi *buffer*, yaitu berapa banyak kapasitas *buffer* yang diperlukan dan dimana penempatannya pada lini produksi. *Buffer* dapat digunakan untuk mengatasi *blocking* dan *starving* dari stasiun kerja lini produksi. Sayangnya *buffer* penyangga juga mahal, hal ini dikarenakan dua hal yaitu karena biaya dan peningkatan persediaan *work in process*. (Diamantidis dan Papadopoulos, 2004)..

Pada penelitian ini akan mencoba menentukan ulang alokasi *buffer* yang ada di PT.GE Lighting Indonesia untuk memperlancar aliran proses produksi yang secara tidak langsung akan memiliki manfaat yaitu meningkatnya *throughput* lini produksi. Mengingat peranan *buffer* yang umumnya memang difungsikan untuk memperlancar aliran proses produksi yang terputus-putus yang salah satunya disebabkan oleh faktor kerusakan mesin.

Buffer dalam proses produksi adalah sebuah tempat dimana barang setengah jadi dikumpulkan dan disimpan sebelum barang tersebut diproses lebih lanjut menjadi barang jadi. Tujuan menggunakan *buffer* adalah sebagai alat bantu untuk memperlancar proses dari sebuah sistem. *Buffer* diletakkan diantara dua stasiun kerja yang berfungsi untuk memperlancar aliran produk setengah jadi dan meminimasi waktu tunggu atau *delay* antar stasiun kerja pada proses produksi.

Alasan-alasan mengapa *buffer* digunakan dalam jalur sistem produksi : (1) Untuk mengurangi dampak dari stasiun kerja yang rusak, (2) Melengkapi sebuah stasiun untuk menyuplai jalur produksi, (3) Melengkapi sebuah stasiun kerja untuk meletakkan hasil produksi, (4) Untuk mengijinkan waktu tunda atau waktu senggang lainnya, (5) Untuk memperkecil variasi waktu siklus.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Masalah Alokasi Buffer (Buffer Allocation Problem).

Suatu sistem produksi dapat didesain dengan menggunakan *buffer*. *Buffer* dalam proses produksi adalah sebuah tempat dimana barang setengah jadi dikumpulkan dan disimpan sebelum barang tersebut diproses lebih lanjut menjadi barang jadi. Pada umumnya tujuan menggunakan *buffer* adalah sebagai alat bantu untuk memperlancar proses dari sebuah sistem.

Pada dunia industri, *buffer* digunakan untuk menyimpan sementara produk setengah jadi dalam suatu proses produksi. *Buffer* diletakkan diantara dua stasiun kerja yang berfungsi untuk memperlancar aliran produk setengah jadi dan meminimasi waktu tunggu atau *delay* antar stasiun kerja pada proses produksi.

Pada suatu proses produksi, *buffer* harus dirancang dan diletakkan secara tepat. Pemilihan lokasi dapat diteliti dengan perhitungan dan pengamatan secara langsung. Ada beberapa masalah yang menghambat aliran antar stasiun kerja, misal pada sebuah stasiun kerja kelebihan produk setengah jadi dari stasiun kerja sebelumnya (*blocking*) atau sebaliknya sebuah stasiun kerja kekeurangan produk setengah jadi dari stasiun sebelumnya (*starving*) sehingga harus menganggur, hal ini disebabkan karena perbedaan waktu proses pada setiap stasiun kerja. Salah

satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah meletakkan *buffer* dengan jumlah atau kapasitas tertentu.

Alasan-alasan mengapa *buffer* digunakan dalam jalur sistem produksi :

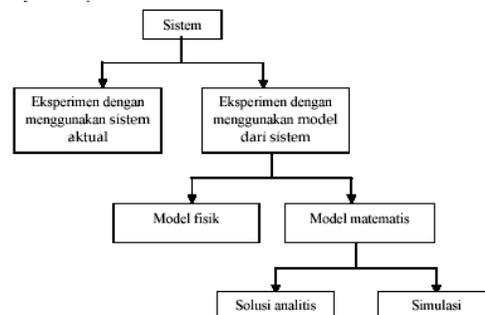
1. Untuk mengurangi dampak dari stasiun kerja yang rusak
2. Melengkapi sebuah stasiun untuk menyuplai jalur produksi
3. Melengkapi sebuah stasiun kerja untuk meletakkan hasil produksi
4. Untuk mengijinkan waktu tunda atau waktu senggang lainnya.
5. Untuk memperkecil variasi waktu siklus.

Pada umumnya BAP (Buffer Allocation Problem) dapat dibagi menjadi empat metodologi pendekatan yaitu : *Dynamic Programming, Search Methods, Metaheuristic dan Simulation Methods* (MacGregor. J and Cruz .B.R.F; 2000). Dalam penelitian ini digunakan *simulation methods*.

2.2 Model Simulasi

2.2.1 Definisi Simulasi

Simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses- proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah (Law and Kelton, 1991). Posisi simulasi dalam mempelajari sistem dapat dijelaskan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Cara Mempelajari Sistem
(Sumber: Law and Kelton, 1991)

- Eksperimen dengan sistem aktual vs Eksperimen dengan model sistem.
Jika suatu sistem secara fisik memungkinkan dan tidak memakan biaya yang besar untuk dioperasikan sesuai dengan kondisi (skenario) yang kita inginkan maka cara ini merupakan cara yang terbaik karena hasil dari eksperimen ini benar-benar sesuai dengan sistem yang dikaji. Namun sistem seperti itu jarang sekali ada dan sehingga satu-satunya cara adalah dengan menggunakan model sebagai representasi dan sistem aktual.
- Model fisik vs Model Matematis.
Model fisik mengambil dari sebagian sifat fisik dan hal-hal yang diwakilinya, sehingga menyerupai sistem yang sebenarnya namun dalam skala yang berbeda. Pada model matematis, sistem direpresentasikan sebagai hubungan logika dan hubungan kuantitatif untuk kemudian dimanipulasi supaya dapat dilihat bagaimana sistem bereaksi.
- Solusi Analitis vs Simulasi.
Setelah model matematis berhasil dirumuskan, model tersebut dipelajari kembali apakah model yang telah dikembangkan dapat menjawab pertanyaan yang berkaitan dengan tujuan

mempelajari sistem. Jika model yang dibentuk cukup sederhana maka relasi-relasi matematisnya dapat digunakan untuk mencari solusi analitis.

2.2.2 Tujuan Simulasi

Simulasi biasanya dilakukan dengan dua tujuan yaitu (Law and Kelton, 1991):

- 1) Menentukan karakteristik (rata-rata, nilai minimal, nilai maksimal, variansi dan lain-lain) variabel berdasarkan kondisi input, nilai parameter, dan konfigurasi model yang berbeda-beda sehingga dapat dilakukan analisis terhadap sistem dan diketahui perilakunya.
- 2) Membandingkan karakteristik (rata-rata, nilai minimal, nilai maksimal, variansi, dan lain-lain) variabel berdasarkan kondisi input, nilai parameter, dan konfigurasi model yang berbeda-beda sehingga dapat diketahui performansi masing-masing skenario dan memilih alternatif yang mempunyai performansi terbaik.

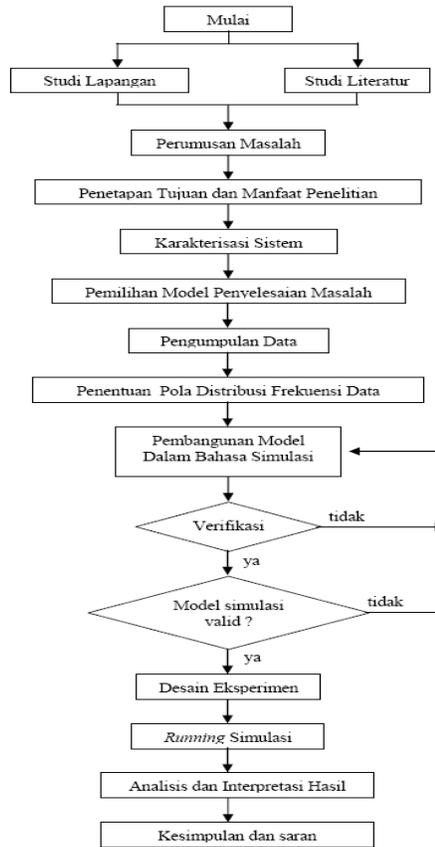
2.2.3 Langkah-langkah dalam Studi Simulasi.

Studi simulasi bukanlah suatu urutan proses yang sederhana. Adapun langkah-langkah dalam studi simulasi, adalah sebagai berikut (Law and Kelton, 1991) :

- 1) Memformulasikan masalah dan membuat rencana studi
Setiap studi harus dimulai dengan pernyataan yang jelas mengenai cakupan obyek yang akan dipelajari dan untuk siapa hasilnya. Rancangan sistem alternatif yang dipelajari sebaiknya digambarkan. Cakupan studi harus direncanakan mengenai jumlah orang, biaya, dan waktu yang dibutuhkan dan setiap elemen studi.
- 2) Mengumpulkan data dan membuat model
Informasi dan data seharusnya dikumpulkan dan sistem nyata (jika ada) dan digunakan untuk menentukan prosedur operasi dan kemungkinan distribusi untuk variabel random yang digunakan pada model.
- 3) Validasi
Meskipun kita menyetujui bahwa validasi adalah sesuatu yang harus dikerjakan dalam sebuah studi simulasi. Dalam membangun model, penting sekali melibatkan seseorang yang sudah terbiasa dengan operasi pada sistem nyata. Hal ini akan meningkatkan kebenaran dan validasi model, dan kredibilitas model dimata pembuat keputusan akan meningkat.
- 4) Menyusun program komputer dan verifikasi
Pembuat model harus memutuskan program apa yang akan dipakai. Verifikasi dilakukan untuk meneliti apakah model simulasi yang dibangun telah di translasikan dengan benar pada program. Jika input parameter dan struktur logika dari model telah digambarkan secara benar pada software simulasi komputer, maka verifikasi telah selesai.
- 5) *Running* pertama program
Running ini dilakukan untuk kepentingan validasi.
- 6) *Validasi*.
Running pertama dapat digunakan untuk mengetes sensitivitas output model dan input yang diberikan. Jika output banyak berubah, estimasi parameter input harus ditentukan (Law & Kelton, 1991).

3. Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian yang digunakan dalam penelitian ialah sebagai berikut:

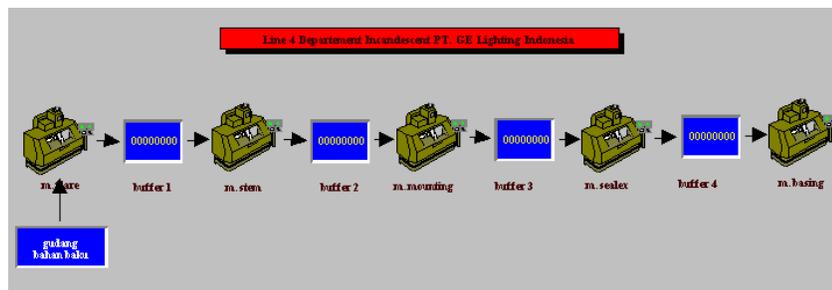


Gambar 3. Tahapan Penelitian

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Tahap Pembangunan Model Dalam Bahasa Simulasi

Model yang dibangun adalah *line 4* departement *incandescent* PT. GE Lighting Indonesia dengan kapasitas *buffer* awal. Pembangunan model simulasi pada penelitian ini menggunakan software *Promodel 4.0*. Layout model simulasi *line 4* departement *Incandescent* PT GE Lighting Indonesia dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Sumber : PT. General Electric Lighting Indonesia)

Gambar 4. Layout Model Simulasi *Line 4*

PT. General Electric Lighting Indonesia mempunyai data kapasitas *buffer* awal sebagai berikut :

Tabel 1. Data Kapasitas *Buffer* Awal

<i>Buffer</i>	Kapasitas (unit)
<i>Buffer1</i>	1225
<i>Buffer2</i>	915
<i>Buffer3</i>	820
<i>Buffer4</i>	545

Sumber : PT. General Electric Lighting Indonesia)

Langkah-langkah dalam membangun model simulasi line 4 departement *Incandescent* PT. General Electric Lighting Indonesia adalah sebagai berikut :

4.1.1. Membangun "Location"

Location menggambarkan sebuah tempat dimana *entity* mengalir untuk diproses. Pada tahapan *Location* terdapat 10 buah *location* yaitu 1 gudang bahan baku, 5 buah mesin (*Mesin Flare*, *Mesin Stem*, *Mesin Mounting*, *Mesin sealex* dan *Mesin Basing*) dan 4 *buffer* (*Buffer1*, *Buffer2*, *Buffer3*, *Buffer4*) yang berada di antara mesin. Semua lokasi tersebut disusun berurutan / *serial* sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

Gudang bahan baku memiliki kapasitas *infinite* sesuai asumsi bahwa bahan baku selalu tersedia dalam proses produksi. Setiap mesin memiliki kapasitas 1 yang berarti hanya mampu membuat 1 unit produk pada saat yang bersamaan. Kapasitas *buffer* yang digunakan adalah kapasitas awal sesuai dengan keadaan sebenarnya yang nantinya berfungsi untuk memvalidasi model simulasi yaitu dengan membandingkan *throughput* simulasi dengan *throughput* riilnya. Setiap mesin memiliki *clock downtime* berdistribusi tertentu dan juga waktu perbaikan yang berdistribusi tertentu. Penggunaan *clock downtime* dimaksudkan bahwa *downtime* mesin berdasarkan waktu berjalan bukan berdasarkan jam operasi mesin. Sebagai contoh *Mesin Flare* memiliki waktu antar kerusakan berdistribusi *Weibull* ($\alpha=1,69; \beta=2280$) dan waktu perbaikan berdistribusi *Weibull* ($\alpha=2,26; \beta=1160$). Pembangunan "Location" pada software *Promodel* dapat dilihat pada **Tabel 2**

Tabel 2. "Location " pada software *Promodel*.

Clock downtimes for Locations

Loc	Frequency	First Time	Priority	Scheduled	Logic	Disable
mesin_flare	w(1.69,2280)		99	no	wait w(2.26,1160)	no
mesin_stem	w(2.1,3630)		99	no	wait w(2.61,1260)	no
mesin_mounting	w(2.11,3520)		99	no	wait w(2.13,983)	no
mesinn_sealex	w(2.58,4690)		99	no	wait w(1.96,1070)	no
mesin_basing	w(2.27,3010)		99	no	wait w(1.84,1050)	no

(Sumber : Pengolahan software *promodel*)

4.1.2. Membangun "Entity"

Entity merupakan sesuatu yang mengalir dalam sistem melalui *Location* yang ada. Pada model simulasi ini ada 3 macam *entity* yaitu *raw_material*, *wip* dan *lampu* yang merupakan *throughput* lini produksi. Pembangunan *Entity* pada software *Promodel 4.0*. dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. “Entity “ pada software *Promodel*.

Name	Speed	Stats	Costs
Raw_material	150	Time Series	
wip	150	Time Series	
lampu	150	Time Series	

(Sumber : Pengolahan software promodel)

4.1.3. Membangun ”Process” dan ”Routing”

Process dan *routing* sebagai prosedur utama dalam program simulasi yaitu sebagai penentu proses yang berkenaan dengan *location* dan *entity*. Sebagai contoh *Raw_materiaal* akan diproses pada *Mesin Flare* dengan lama waktu proses berdistribusi *Weibull* ($\alpha=5,68;\beta=0,606$). Pembangunan ”*Process dan Routing*” pada software *Promodel 4.0* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. “*Process and Routing* “ pada software *Promodel*.

Process		
entity	location	operation
Raw_Material	Gudang_BB	
Raw_Material	mesin_flare	wait w(5.68,0.606)
wip	buffer1	
wip	mesin_stem	wait w(10.7,0.808)
wip	buffer2	
wip	mesin_mounting	wait p5(177,172)
wip	buffer3	
wip	mesin_sealex	wait w(9.61,1.23)
wip	buffer4	
wip	mesin_basing	wait w(7.95,0.817)

(Sumber : Pengolahan software promodel)

Routing			
output	destination	rule	move logic
Raw_material	mesin_flare	FIRST 1	
wip	buffer1	FIRST 1	
wip	mesin_stem	FIRST 1	move for l(0.147,0.148)
wip	buffer2	FIRST 1	
wip	mesin_mounting	FIRST 1	move for l(0.149,0.153)
wip	buffer3	FIRST 1	
wip	mesin_sealex	FIRST 1	move for l(1.61.1.56)
wip	buffer4	FIRST 1	
wip	mesin_basing	FIRST 1	move for w(6.32,1.3)
lampu	EXIT	FIRST 1	

(Sumber : Pengolahan software promodel)

4.1.4 Membangun ”Arrival”

Arrival merupakan event kedatangan *entity* kedalam sistem. Sesuai dengan asumsi bahwa material bahan baku selalu tersedia, maka pada perancangan model simulasi menggunakan nilai kuantitas, *first time*, *occurrences* dan *frequency* sebesar 500000, 0, 1 dan 0 yang berarti bahwa kedatangan *raw_material* adalah sebesar 500000 unit dan hanya terjadi sekali pada saat $t = 0$. Hal ini sangat logis untuk membuat bahan baku selalu tersedia di gudang bahan baku. Pembangunan ”*Arrival*” pada software *Promodel 4.0*. dapat dilihat pada **Tabel 5**

Tabel 5. “Arrivals “ pada software *Promodel*.

Entity	Location	Qty each	First Time	Occurrences	Frequency	Logic
Raw_material	gudang_BB	500000	0	1	0	

(Sumber : Pengolahan software promodel)

4.1.5 Running Model Simulasi.

Running model simulasi membutuhkan waktu pemanasan (*warm up*) dengan tujuan agar sistem dalam kondisi *steady state*. Untuk *running* awal dilakukan selama 8 jam dengan replikasi 60 kali. Hal ini dikarenakan pada line 4 departement *Incandescent* PT. General Electric Lighting perhitungan *throughput* dilakukan setiap 1 *shift* (8 jam). *Throughput* model simulasi selama 1 *shift* (8 jam) dengan *warm up period* selama 2 jam dan replikasi 60 kali.

4.2 Tahap Validasi Dan Verifikasi Model Simulasi

4.2.1 Verifikasi Model Simulasi

Verifikasi dilakukan untuk meneliti apakah model simulasi yang dibangun telah di translasikan dengan benar pada software simulasi *Promodel*.

Pada model simulasi yang dibangun ada 10 buah *location* sesuai dengan model yang akan disimulasikan. Setiap mesin memiliki waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan berdistribusi tertentu dan telah ditranslasikan dengan benar pada software simulasi *Promodel 4.0*. yaitu pada *clock downtime*. Setiap mesin memiliki waktu proses yang berdistribusi tertentu dan telah ditranslasikan pada software *Promodel 4.0*. yaitu pada kolom *operation* pada element *processing*.

4.2.2 Validasi Model Simulasi

Validasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah model simulasi yang dibangun telah sesuai dengan kenyataan sebenarnya atau belum. Pada penelitian ini validasi dilakukan dengan membandingkan antara *throughput* hasil simulasi *running* awal dengan *throughput* yang sebenarnya (riil).

Tingkat kepercayaan = 95%, $\alpha = 0,05$

$$v = \frac{\left(\frac{s_x^2}{n_x} + \frac{s_y^2}{n_y}\right)}{\left(\frac{s_x^2}{n_x}\right) + \left(\frac{s_y^2}{n_y}\right)} - 2 = \frac{\left(\frac{1596755.047}{80} + \frac{1007813.614}{60}\right)}{\left(\frac{1596755.047}{80}\right) + \left(\frac{1007813.614}{60}\right)} - 2$$

$$v = \frac{19959.438 + 16796.894}{246.413 + 275.359} - 2$$

$$v = 68.445 \approx 69$$

$$t_{v,1-\frac{\alpha}{2}} = 1.96$$

$$t' = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{s_x^2}{n_x} + \frac{s_y^2}{n_y}}} = \frac{9207.375 - 9030.750}{\sqrt{\frac{1596755.047}{80} + \frac{1007813.614}{60}}} \rightarrow t' = 0.921$$

Karena nilai $|t'| < t_{v, 1-\frac{\alpha}{2}}$, maka terima H_0 dan tolak H_1 . Dengan kata lain $\mu_x = \mu_y$, kondisi model simulasi sudah menyerupai kondisi riil pada lini produksi perusahaan.

4.2.3 Desain Eksperimen dan *Running* Simulasi.

Desain eksperimen dilakukan dengan mengubah kapasitas *buffer* kemudian me-*running* simulasi sampai diperoleh kapasitas *buffer* minimal yang menghasilkan *throughput* maksimal.

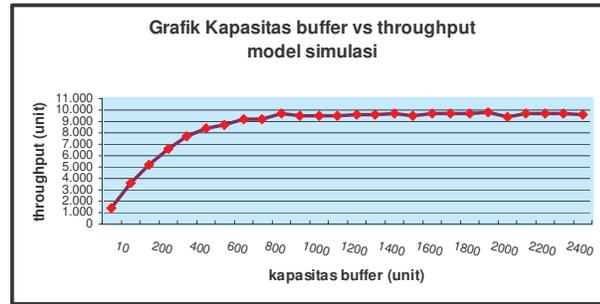
Running simulasi pada tahap ini disesuaikan dengan *running* awal yaitu selama 8 jam dengan *warm up* period 2 jam dan replikasi 60 kali. *Throughput* hasil *running* simulasi untuk beberapa kapasitas *buffer* dapat dilihat pada **Tabel 6**. Sedangkan Grafik hubungan antara kapasitas *buffer* dengan *throughput* model simulasi dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Tabel 6. *Throughput* hasil *running* simulasi untuk beberapa kapasitas *buffer*.

no	Kapasitas <i>buffer</i> (unit)	Rata-rata <i>Throughput</i> (unit)	no	Kapasitas <i>buffer</i> (unit)	Rata-rata <i>Throughput</i> (unit)
1	10	1.396	17	1.500	9.713
2	50	2.506	18	1.600	9.550
3	100	3.565	19	1.700	9.691
4	200	5.240	20	1.800	9.702
5	300	6.564	21	1.900	9.720
6	400	7.681	22	2.000	9.770
7	500	8.380	23	2.100	9.416
8	600	8.712	24	2.200	9.703
9	700	9.216	25	2.300	9.683
10	800	9.247	26	2.400	9.656
11	900	9.651	27	2.500	9.682
12	1.000	9.515	28	2.600	9.883
13	1.100	9.470	29	2.700	9.556
14	1.200	9.514	30	2.800	9.542
15	1.300	9.644	31	2.900	9.471
16	1.400	9.641	32	3.000	9.754

(Sumber : Pengolahan software promodel)

Dari data diatas, didapatkan data rata-rata *throughput* tertinggi pada kapasitas *buffer* 2600 unit dengan *throughput* 9651 unit. Akan tetapi, *throughput* tertinggi tidak selalu baik. Untuk itu dilihat juga data rata-rata *throughput* dengan selisih yang paling jauh dengan data sebelumnya. Data tersebut terletak pada kapasitas 900 unit dengan *throughput* 9883 unit. Untuk membuktikan pengaruh antara data tersebut, maka dilakukan pengujian data.



Gambar 3 Grafik hubungan antara kapasitas *buffer* dengan *throughput* model simulasi

Berdasarkan **Tabel 6.** dan dengan melihat **Gambar 3** maka dapat dipilih alternatif kapasitas *buffer* yang paling baik adalah *buffer* dengan kapasitas 900 unit dengan hasil rata-rata *throughput* sebesar 9.651 unit. Alasan memilih alternatif kapasitas *buffer* sebesar 900 unit dikarenakan setelah mengalami pengujian data, kapasitas *buffer* tersebut setiap penambahan kapasitas *buffer* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap rata-rata *throughput* yang dihasilkan.

4.3 Tahap Analisa Masalah

4.3.1 Analisis Running Awal Model Simulasi

Running awal pada model simulasi berfungsi untuk keperluan verifikasi dan validasi. Pada model simulasi *line 4* departement *incandescent* PT. GE Lighting Indonesia *running* awal dilakukan dengan *warm up period* selama 2 jam dan replikasi 60 kali. *Warm up period* bertujuan agar sistem yang diamati sudah dalam kondisi *steady state* sehingga performansi sistem dapat diukur. Penggunaan *warm up period* selama 2 jam dikarenakan pada *line 4* departement *incandescent* PT. GE Lighting Indonesia sistemnya berjalan dengan cepat dan data-data waktu yang didapatkan dalam ukuran *detik*, sehingga dapat dipastikan selama 2 jam sistem sudah dalam kondisi *steady state*.

Replikasi bertujuan untuk memberikan nilai statistik terhadap hasil *running* simulasi. Karena program simulasi menggunakan input berupa distribusi waktu yang terlibat, maka hasil dari simulasi pun juga akan bervariasi. Untuk itu diperlukan replikasi dengan jumlah tertentu. Dari replikasi 60 kali didapatkan bahwa pada tingkat *error relatif* 5 % didapatkan nilai γ' sebesar 0,0476 sedangkan nilai $\frac{\delta(n, \alpha)}{\bar{X}(n)}$ adalah 0,0281. Karena $\frac{\delta(n, \alpha)}{\bar{X}(n)}$ kurang dari γ' maka replikasi sudah mencukupi. Jika nilai $\frac{\delta(n, \alpha)}{\bar{X}(n)}$ lebih dari γ' maka replikasi belum mencukupi

dan diperlukan penambahan replikasi agar mencukupi. Semakin banyak replikasi akan semakin baik (*strong law of large number*) (Law and Kelton, 1991) karena nilai statistik yang diukur akan lebih valid daripada replikasi yang lebih sedikit.

4.3.2 Analisis Desain Eksperimen dan Running Simulasi

Desain eksperimen dan *running* simulasi dilakukan dengan cara *trial error* yaitu dengan mengubah-ubah kapasitas *buffer* kemudian me-*running* simulasi sampai diperoleh alternatif

yang paling baik. Selain itu juga dibangun model simulasi *line 4* departement *incandescent* PT. GE Lighting Indonesia tetapi tanpa *buffer* penyangga diantara mesin.

Metode *trial error* dilakukan dengan penambahan kapasitas *buffer* sebesar 100 unit setiap *running* simulasi sampai *buffer* dengan kapasitas 3.000 unit. Alasan penambahan 100 unit adalah untuk mempercepat waktu komputasi dalam mendapatkan alternatif terbaik.

Dari beberapa kapasitas *buffer* tersebut diketahui bahwa rata-rata *throughput* paling tinggi terdapat pada kapsitas *buffer* 2.600 unit. Hasil uji signifikansi menunjukkan bahwa rata-rata *throughput* kapasitas *buffer* 900 unit dan 2.600 unit tidak berbeda secara signifikan. Jadi dipilih alternatif *buffer* dengan kapasitas 900 unit. Alasan lain mengapa dipilih *buffer* kapasitas 900 unit adalah kapasitas tersebut dapat diterapkan pada sistem yang diamati. Sedangkan kapasitas *buffer* 2.600 unit belum tentu dapat diterapkan pada sistem yang diamati, walaupun dapat diterapkan mungkin kapasitas *buffer* sebesar itu dapat mengganggu ruang gerak dari operator yang ada di *line 4* departement *incandescent* PT. GE Lighting Indonesia.

Dari pembangunan model simulasi *line 4* departement *incandescent* PT. GE Lighting Indonesia tanpa *buffer* penyangga didapatkan rata-rata *throughput* sebesar 1249 unit. Angka ini jauh sekali dari rata-rata *throughput* aktualnya (*line* awal dengan kapasitas *buffer*₁=1.225 unit, *buffer*₂=915 unit, *buffer*₃=820 unit, *buffer*₄=545 unit), yaitu sebesar 9.207 unit dan juga dari rata-rata *throughput* dari *line* dengan kapasitas *buffer* 900 unit (*buffer*₁ sampai *buffer*₄ memiliki kapasitas sama yaitu sebesar 900 unit), yaitu 9.651 unit. Hal ini mengindikasikan bahwa *buffer* penyangga memang diperlukan pada lini produksi di PT. GE Lighting Indonesia dan tidak bisa ditiadakan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) *Buffer* penyangga dapat digunakan untuk mengatasi dampak dari kerusakan mesin dan juga perbedaan waktu proses tiap mesin yaitu dapat lebih memperlancar aliran proses produksi yang terputus-putus sehingga dapat meningkatkan *throughput* lini produksi.
- 2) Pada penelitian ini didapatkan alternatif kapasitas *buffer* yang paling baik yaitu 900 unit dengan rata-rata *throughput* sebesar 9.651 unit/*shift*, sedangkan kapasitas *buffer* awal memiliki rata-rata *throughput* sebesar 9.207 unit/*shift*. Jadi bila dibandingkan dengan keadaan awal, penentuan ulang alokasi *buffer* dapat meningkatkan *throughput* lini produksi perusahaan sebesar 444 unit/*shift*.

6. Saran

Dalam penelitian ini diberikan saran-saran kepada perusahaan dan juga untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut :

- 1) Perusahaan sebaiknya mengetahui performansi pada lini produksi sehingga dapat dilakukan perbaikan terus-menerus untuk meningkatkan performansi lini produksinya.
- 2) Untuk memperbaiki kondisi pada lini produksi perusahaan sebaiknya dilakukan penentuan ulang alokasi *buffer*.
- 3) Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar kapasitas setiap *buffer* dibuat berbeda-beda agar diperoleh ukuran alokasi *buffer* yang optimal.

Daftar Pustaka

- Diamantidis, A.C; Papadopoulus, C.T. 2004. A Dynamic Programming For The Buffer Allocation Problem In Homogeneous Asymptotically Reliable Serial Production Lines. Hindawi Publishing Corporation.
- Ghosh, K.B; Harrell, C; Bowden, R. 1996. Simulation Using ProModel. Promodel Corporation. California.
- Hicks, R.C. 1993. Fundamental Concepts In The Design Of Experiment. Saunders College Publishing. New York.
- Groover, Mikell. P. 2001. Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing, Second Edition. Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Law, M.A; Kelton, D.W. 1991. Simulation Modeling And Analysis, Second Edition. McGraw Hill, Inc., New York.
- Papadopoulos, T.H; Heavy, C; Browne, J. 1993. Queueing Theory In Manufacturing System Analysis And Design. Chapman & Hall. London.
- Powell, S.G; Pyke, D.F.1996. Allocation of buffers to serial production lines with bottlenecks. IIE Transactions.
- Promodel Corporation. 1996. User's guide of ProModel, Version 3.0, Manufacturing Simulation Software. Promodel Corporation.
- Seong, D; Chang, Y.S; Hong, Y. 1995. Heuristic Algorithms For Buffer Allocation In A Production Line With Unreliable Machines. International Journal Production And Research Vol.33. No.7.
- Smith, M.J and Cruz, B.R.F. 2000. The Buffer Allocation Problem For General Finite Buffer Queueing Networks. Departement Of Mechanical And Industrial Engineering, University Of Massachusett. Amherst Massachusett.
- Spinellis, D and Papadopoulos, H.T. 1997. A Simulated Annealing Approach for Buffer Allocation in Reliable Production Lines. Department of Mathematics University of the Aegean GR-832 00 Karlovasi, Samos Greece.
- Spinellis, D and Papadopoulos, C.T. 2000. Stochastic Algorithms For Buffer Allocation In Reliable Production Lines. Mathematical Problem In Engineering.
- Suletra, I.W. 2006. Modul "Latihan Simulasi dengan ProModel". Teknik Industri UNS. Surakarta.
- Walpole, E.R. 1995. Pengantar Statistika Edisi ke-3. PT. Garamedia Pustaka Utama., Jakarta.
- Wibisono, E. 2004. Komparasi Sistem Manufaktur Pull dan Push Melalui Pendekatan Simulasi. Jurnal Teknik Industri Vol.6, No.1 <http://puslit.petra.ac.id/journals/industrial>.