ISSN: 1978 - 8282

PENGAMBILAN KEPUTUSAN SISTEM PRODUKSI DENGAN METODE SIMULASI KOMPUTER

Widyat Nurcahyo[1]
Maimunah[2]
Email: widyat_nurcahyo@yahoo.com.sg; maimunah@pribadiraharja.com

Diterima: 3 Agustus 2009 / Disetujui: 24 Agusutus 2009

ABSTRACT

This study evaluates the performance of production floor as the core of manufacturing process using lost of sales and production lateness as performance criteria, then gives a few alternatives for improvements. Evaluation is done by using models with computer simulation method, which is also used to analyze the impact of given alternatives to the system. The evaluation in normal condition showed results that high lost of sales is caused by low production rate. And production lateness appeared in machine 256 which produced plastic shoes/sandals from hard materials. There are 4 given solution alternatives, which is: (1) lowering machine breakdown by 20% with preventive maintenance, (2) lowering material shortage probability with tight material control, (3) adding new machine, (4) downsizing production batch of some products. Running the alternatives in the simulator showed that from lost of sales point of view, 3rd alternative is the most successful because it can lower lost of sales from 300.000 units per year to 11.000 units per year. As from the production lateness point of view, 4th alternative is the most successful because it can lower the production lateness at machine 256 to below zero. An experiment combining 3rd and 4th alternatives can actually gives the best result in the simulator compared to the other alternatives. It can lower lost of sales from 300.000 units per year to 12.000 units per year, and can lower the production lateness at machine 256 to below zero.

ABSTRAKSI

Dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi terhadap performansi sistem lantai produksi sebagai inti dari kegiatan manufaktur dengan menggunakan kriteria kehilangan penjualan dan keterlambatan produksi, kemudian memberikan beberapa alternatif perbaikan yang mungkin dilakukan. Evaluasi dilakukan dengan melakukan pemodelan menggunakan metode simulasi komputer yang sekaligus digunakan untuk menganalisa pengaruh alternatif yang diberikan terhadap sistem. Hasil evaluasi terhadap keadaan normal menunjukkan bahwa kehilangan penjualan yang tinggi disebabkan kecepatan produksi yang tidak dapat mengimbangi kecepatan penjualan. Sedangkan keterlambatan produksi terjadi pada mesin 256 yang

1. **Dosen Jurusan Teknik Industri, Universitas Tama Jagakarsa**
   Jl. Letjen T.B. Simatupang No. 152 Tanjung Barat - Jakarta Selatan 12530
2. **Dosen Jurusan Manajemen Informatika, AMIK Raharja Informatika**
   Jl. Jend Sudirman No.40 Modern Cikokol-Tangerang Telp 5529692

memproduksi sepatu/sandal plastik dari bahan padat. Alternatif perbaikan yang diajukan ada 4, yaitu: (1) mengurangi kerusakan mesin sebesar 20% dengan preventive maintenance, (2) mengurangi kemungkinan kekurangan material dengan kontrol material yang ketat, (3) menambah mesin baru, (4) memperkecil ukuran batch produksi pada produk-produk tertentu. Hasil penerapan keempat alternatif di dalam simulator menunjukkan bahwa dari segi kehilangan penjualan, alternatif 3 adalah yang paling berhasil karena dapat menekan kehilangan penjualan dari 300.000 unit pertahun menjadi 11.000 unit pertahun. Sedangkan dari segi keterlambatan produksi, alternatif 4 yang paling berhasil karena dapat menurunkan keterlambatan produksi hingga dibawah nol. Sebuah eksperimen dengan menggabungkan alternatif 3 dan 4, ternyata dapat memberikan hasil terbaik dalam simulator, dibandingkan keempat alternatif sebelumnya, yaitu dapat menekan kehilangan penjualan dari 300.000 unit per tahun menjadi hanya 12.000 unit pertahun, dan dapat menekan keterlambatan produksi pada mesin 256 hingga dibawah nol.

Kata kunci : evaluasi, simulasi, produksi, penjualan.

PENDAHULUAN

Dalam usahanya untuk hidup dan berkembang, perusahaan tidak terlepas dari lingkungan yang berubah yang akan mempengaruhi pertumbuhan perusahaan. Ditambah lagi dengan makin kompleksnya lingkungan usaha seiring dengan lajunya arus teknologi informasi dan makin ketatnya persaingan global. Hal ini menyebabkan setiap perusahaan mau tidak mau harus berusaha meningkatkan performansinya di segala bidang jika ingin tetap berkecimpung di dunia usaha.

Untuk dunia industri manufaktur, hal pertama yang harus diperbaiki adalah masalah produksi, karena produksi adalah inti dari kegiatan manufaktur. Banyak hal yang menjadi tanggung jawab bagian produksi antara lain pembuatan peramalan, perencanaan produksi, penjadwalan produksi, penugasan kerja, dan lain-lain.

Apakah sistem produksi yang ada telah cukup baik? Jika belum, apa penyebabnya? Bagaimana mengatasinya? Itulah pertanyaan-pertanyaan yang setiap kali terlontar dalam suatu industri. Untuk menjawabnya maka yang pertama kali perlu dilakukan adalah mengadakan evaluasi terhadap performansi dari sistem tersebut.

Industri bukanlah sistem yang statis, tetapi terus berubah seiring berubahnya waktu. Karena itu subsistem-subsistem yang ada di dalam industri harus ikut berubah dan berkembang, termasuk di dalamnya sistem produksi. Karena itulah analisis performansi yang kontinyu dari sistem produksi sangat diperlukan agar sistem tersebut dapat dengan cepat disesuaikan terhadap perkembangan.

Pada penelitian ini, akan dilakukan evaluasi terhadap performansi sistem lantai produksi (bagaimana sistem tersebut memproduksi barang), dengan kriteria ukuran performansi adalah keterlambatan produksi (*lateness*) dan kehilangan penjualan (*lost of sales*). Model sebagai representasi dari sistem nyata diusahakan mendekati keadaan

sebenarnya. Tetapi hal ini sulit karena pada kebanyakan model yang ada terlalu banyak asumsi yang digunakan sehingga hasilnya tidak seperti yang diharapkan. Sebab itu pada penelitian ini dicoba menggunakan model simulasi komputer sebagai usaha mendekati keadaan sebenarnya pada sistem nyata. Model simulasi komputer memiliki beberapa keunggulan yaitu: (1) Simulasi komputer secara teoritis bisa dibuat untuk semua jenis sistem; (2) Simulasi komputer mempunyai rentang ketelitian yang sangat luas, sehingga dapat dibuat untuk mewakili sistem nyata secara garis besar saja sampai yang sangat terperinci; (3) Simulasi komputer mudah dibuat dengan berbagai bahasa pemrograman yang ada; (4) Simulasi komputer bersifat fleksibel, dalam arti dapat dengan mudah diubah dan dikembangkan sesuai kebutuhan; (5) Dengan perkembangan teknologi komputer yang begitu pesat, maka menjalankan simulasi tidak akan memakan waktu yang terlalu lama.

Secara umum langkah-langkah yang diambil dalam analisis menggunakan simulasi di kalangan industri dapat dibagi menjadi menjadi 11 bagian, yaitu :

a. Perumusan Masalah
b. Analisa Kebutuhan Data dan Ketersediaan Sumber
c. Formulasi Model dari Subsistem
d. Menggabungkan Model dari Subsistem
e. Pengumpulan Data dan Menentukan Nilai Variabel dan Parameter
f. Memberi Program dan *Debug Simulator*
g. Validasi Model
h. Desain Eksperimen Simulasi
i. Menjalankan Simulasi
j. Analisa Hasil Simulasi
k. Implementasi Hasil

Perumusan Masalah

Langkah pertama dalam perumusan masalah adalah menentukan tujuan yang diinginkan dari analisis. Pada umumnya ada beberapa alasan yang menjadi tujuan pemakaian simulasi.

1. Untuk memahami karakteristik sebuah sistem
2. Untuk menentukan masalah yang harus dipecahkan untuk peningkatan kinerja
3. Evaluasi performansi sebuah sistem
4. Pengambilan keputusan atas beberapa alternatif
5. Untuk keperluan optimasi
6. Untuk melihat hasil dari kebijaksanaan baru yang akan diterapkan

Setelah menentukan tujuan, langkah berikutnya adalah mengidentifikasikan variabel-

variabel yang berhubungan langsung dari sistem, yaitu variabel-variabel yang berhubungan langsung dengan tujuan penelitian. Variabel-variabel itu kemudian dipisahkan menjadi dua golongan yaitu *controllable variable* dan *uncontrollable variable*.

Analisa Kebutuhan Data dan Ketersediaan Sumber

Tahap kedua adalah menyediakan data yang dibutuhkan oleh simulator. Ada beberapa jenis data yang bisa ditemui dalam permodelan sistem :

1. Variabel *relevant*
   Yaitu suatu karakteristik atau atribut dari sistem yang diamati yang memiliki nilai berubah-ubah dan mempengaruhi performansi sistem.
2. Parameter
   Adalah suatu karakteristik atau atribut dari sistem yang hanya memiliki satu nilai (tapi mungkin berubah jika alternatif yang dipelajari berbeda)
3. Faktor *Exogenius*
   Adalah parameter atau variabel yang nilainya bisa mempengaruhi sistem, tapi tidak terpengaruh oleh berubahnya sistem
4. Faktor *Endogenius*
   Adalah parameter atau variabel yang nilainya ditentukan oleh variabel lain dalam sistem

Formulasi Model dari Subsistem

Ada beberapa metode untuk mengidentifikasikan variabel dan subsistem, yaitu pendekatan aliran, pendekatan fungsional, dan pendekatan perubahan status.

1. Pendekatan aliran

Metode yang paling mudah digunakan adalah mengikuti aliran dari obyek utama yang sedang diproses. Misalnya mengikuti aliran dari produk atau dalam sistem *maintenance* kita dapat mengikuti aliran dari mesin yang hendak diperbaiki. Yang agak sulit jika objek utamanya adalah informasi, karena kebanyakan informasi tidak bisa dilihat dan dikomunikasikan atau diproses antar manusia atau didalam komputer. Seorang analis bisa mengikuti aliran informasi ini dengan mempelajari berbagai jenis dokumen yang ada seperti order, laporan, prosedur kerja, dan lain-lain. Pendekatan aliran ini digunakan dalam penelitian ini.

2. Pendekatan fungsional

Untuk sistem yang rumit (misalnya sistem kesejahteraan sosial), pendekatan aliran mungkin tidak baik digunakan karena mungkin tidak ada elemen yang jelas mengalir. Untuk kasus ini, biasanya digunakan pendekatan fungsional, yaitu dengan mengidentifikasi

fungsi-fungsi di dalam sistem dan merunut urutan kemunculannya.
Ada tujuh tipe fungsi utama yang biasa muncul dalam sistem industrial :

- Proses material
- Transportasi
- Penyimpanan
- Proses informasi
- Komunikasi
- *Filing*
- Pengambilan keputusan

Setelah fungsi-fungsi diidentifikasi, permodelan sistem bisa dibuat dengan menjabarkan (biasanya dalam bentuk *flow chart*) prosedur yang menyebabkan fungsi terjadi.

3. Pendekatan Perubahan Sistem

Untuk menjelaskan pendekatan ini, kita dapat membayangkan mengambil sebuah foto dari sistem pada suatu ketika. Foto ini menunjukkan status dari sistem tersebut. Secara logika, yang harus kita lakukan pertama-tama adalah mengidentifikasi variabel-variabel yang berhubungan. Kemudian, yang paling sulit, adalah menjabarkan hubungan yang menggambarkan bagaimana status (tiap variabel) berubah menurut waktu dari satu foto ke foto lain. Jadi hubungan perubahan status dapat dibagi menjadi dua bagian :

- Prosedur untuk menentukan apakah sebuah variabel harus berubah
- Prosedur perhitungan untuk merubah status dari variabel

Jika subsistem tidak dapat diidentifikasi dan model dibangun untuk menggambarkan perilakunya, maka proses permodelan menjadi jauh lebih rumit. Tanpa submodel, keseluruhan model simulasi harus diformulasikan sekaligus; hal ini sulit dilakukan jika ada banyak asumsi mengenai interaksi variabel yang dibentuk ke dalam simulasi. Biasanya kesulitan terletak pada pemisahan proses-proses menjadi subsistem yang dapat diuji sebagai unit yang terpisah. Hal ini banyak terjadi pada permodelan pemikiran manusia.

Menggabungkan Submodel Menjadi Model Simulasi

Pada tahap ini analisis harus memilih bahasa pemrograman yang paling baik yang akan dipakai untuk membuat simulator.

Pembuatan simulator dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman BASIC, dengan beberapa alasan: (1) mudah didapat; (2) cepat dalam proses; (3) sistem yang dibahas masih bisa diterapkan dengan mudah menggunakan basic. Data hasil simulasi yang berbentuk file csv kemudian diolah menggunakan *spreadsheet* untuk menghasilkan grafik yang diinginkan.

Kemudian analis menerjemahkan konsep subsistem ke dalam bentuk *flowchart* yang menggambarkan aktifitas di dalam sistem.

Pengumpulan Data dan Menentukan Nilai Variabel dan Parameter

Setelah data-data yang dibutuhkan dikumpulkan, biasanya ada beberapa uji statistik yang menyertainya, misalnya *Test Of independence*, *Test of randomness*, *Test of homogeneity, Goodness of Fit Test*, dan lain-lain. Uji-uji ini bertujuan mempersiapkan data yang telah dikumpulkan agar bisa dipakai dalam simulasi.

Uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Test of Goodness of Fit* atau Uji Kebaikan Suai. Uji ini digunakan untuk menguji apakah sekumpulan data dapat dianggap sebagai sampel dari distribusi probabilitas tertentu. Ada dua jenis uji kebaikan suai yang umum digunakan, yaitu Uji Kebaikan *Suai Khi-kuadrat Pearson* dan Uji Kebaikan *Suai Kolmogrov-Smirnov* (K-S). Yang digunakan pada penelitian ini adalah Uji *Khi – Kuadrat Pearson,* karena uji K-S memiliki kelemahan yaitu data yang ada tidak bisa digunakan untuk mengestimasi parameter-parameter, dari distribusi hipotesa.

Hipotesa dari uji kebaikan suai adalah :

H_0: $F(x) = F_0(x|è_1,è_2,...,è_n)$

H_1: $F(x) \neq F_0(x|è_1,è_2,...,è_n)$

Dalam uji kebaikan *suai khi-kuadrat*, elemen-elemen dalam sampel dibagi menjadi *k* interval dengan :

o_i = Jumlah observasi dalam interval *i,i*=1,2,...k

e_i = Jumlah observasi yang diharapkan dalam interval *i*, jika H_0 benar, *i*=1,2,...k

Uji statistiknya adalah :

$$\chi^2_{df} = \sum_{i=1}^{k} \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Dalam uji ini derajat kebebasan (df) adalah :

df = k-1-(banyaknya parameter yang diestimasi dari data)

Hal lain yang harus diperhatikan adalah untuk tiap interval, disarankan $e_i > 5$

Untuk penelitian ini, distribusi yang dihipotesakan adalah distribusi eksponensial. Khusus untuk distribusi eksponensial, dipakai beberapa rumus berikut :

Fungsi padat eksponensial diberikan oleh :

$$F_{(x)} = \frac{1}{\bar{x}} e^{-x/\bar{x}}$$

Frekuensi harapan tiap interval dapat dihitung dengan :

$$e_i = n \int_{I_{i-1}}^{I_i} F(x).dx$$

atau

$$e_i = n\left(e^{-\left(\frac{I_{i-1}}{\bar{x}}\right)} - e^{-\left(\frac{I_i}{\bar{x}}\right)}\right)$$

dengan

I_i = Interval ke-I

n = Jumlah total pengamatan

e = Bilangan natural = 2.71828

Membuat Program dan *Debugging Simulator*

Setelah keseluruhan data yang diperlukan lengkap, tahap selanjutnya adalah membuat program simulasi dengan bahasa pemrograman yang telah dipilih .

Debugging merupakan proses menguji dan mencari letak kesalahan dari sebuah program. Biasanya submodel diuji secara terpisah, kemudian model secara kesaluruhan diuji untuk mencari kesalahan potensial dari pemrograman dan logika.

Validasi Model

Metode umum untuk melakukan validasi terhadap model yang telah dibuat adalah dengan membandingkan keluaran dari model simulasi terhadap data historis yang berjalan pada kondisi yang sama. Jika keluaran dari model simulasi tidak jauh berbeda dengan data historis, maka model simulasi tersebut dianggap dapat mewakili sistem yang sebenarnya. Yang sulit adalah jika data historis tidak tersedia. Terlebih lagi jika sistem yang dipelajari adalah sistem baru yang belum ada. Untuk itu ada lima pendekatan yang bisa digunakan.

1. Internal *Validity*

Apakah simulasi memberikan keluaran dengan variansi rendah jika dijalankan dengan semua input exogenus dibuat konstan ? jika dengan masukan yang sama keluarannya bervariansi tinggi maka model simulasi bisa dianggap belum valid.

2. *Face Validity*

Metode ini hanya melihat permukaan dari simulasi, yaitu dengan meminta orang-orang yang mengetahui sistem nyata-nya dengan mendalam (misalnya manager) untuk menilai apakah model simulasi tersebut masuk akal atau tidak. Metode ini disebut juga *reasonableness atau credibility* dari model.

Walaupun dari pandangan ilmiah metode ini bukan termasuk validitas, tetapi justru metode inilah yang paling banyak digunakan.

3. Variable-Parameter *Validity*

Satu atau beberapa faktor dalam model diubah untuk melihat apakah merubah keluaran dan membandingkan dengan keluaran sebelumnya. Disebut juga uji sensitifitas

4. *Hypothesis Validity*

Validitis model meningkat jika model berhasil dicoba untuk sistem yang tidak diperuntukkan

5. *Event or Time-Series Validity*

Seberapa cocok event hasil simulasi dengan event nyata ? Pada metode ini semua event hasil simulasi diuji, baik yang berupa *ebservable event*, *event patterns*, atau variasi dari variabel output.

Kesimpulannya, proses validasi dari model adalah :

1. Model harus menunjukkan hasil yang diharapakan, menggunakan data uji, atau jika tersedia data historis. Ini disebut *Debugging*.
2. *Reasonableness*
   - Menunjukkan bahwa model subsistem dapat memprediksi dengan baik (menggunakan data historis)
   - Menunjukkan saat sebuah parameter atau variabel dibutuhkan, maka parameter atau variabel tersebut dapat cocok (dengan data historis), dan memiliki nilai yang masuk akal.
   - Meminta orang-orang yang memiliki pengetahuan tentang situasi tersebut (termasuk pengambil keputusan) untuk melihat ulang model dalam detail dan menyetujui strukturnya.
3. Pengambil keputusan diberi kesempatan untuk memahami penggunaan model dan meneliti interaksi yang dihasilkan.
4. Model digunakan untuk membantu pengambilan keputusan. Catatan yang teliti diperlukan untuk membandingkan hasil prediksi model dengan hasil aktualnya. (Tahap ini mungkin bisa memakan waktu bertahun-tahun, jadi prosedur evaluasi harus dibuat dengan hati-hati)

Lebih lanjut, dan lebih penting lagi, sebuah model simulasi baru dapat berguna bila pengambil keputusan percaya (benar atau tidak) bahwa model tersebut valid. Dan jika pengambil keputusan telah menerima model tersebut, maka analis telah menyelesaikan tugasnya.

Desain Eksperimen Simulasi (Menentukan Alternatif)

Pada tahap ini ditentukan alternatif apa saja yang akan dijalankan dalam simulator. Misalnya variabel atau parameter apa saja yang harus diubah untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

Umumnya alternatif ini ditentukan oleh pengambil keputusan.

Menjalankan Simulasi

Alternatif yang telah ditentukan dijalankan satu persatu dengan simulator. Hasilnya dicatat untuk analisis selanjutnya.

Analisa Hasil Simulasi

Hasil dari berbagai alternatif dibanding dan dicari yang terbaik.

Implementasi Hasil
Alternatif terbaik diimplementasikan ke dalam sistem sebenarnya. Yang harus diingat adalah sistem bukanlah sesuatu yang statis, karena itu model simulasi harus terus menerus diperbaiki dan dikembangkan sesuai dengan perubahan sistem.

PEMILIHAN PENINGKATAN WAKTU

Simulasi berhubungan erat dengan waktu. Karena itu pemilihan bagaimana cara waktu berjalan di dalam simulasi sangat penting. Ada dua tipe peningkatan waktu, yaitu *unit-time-advance* dan *event-advance.*

1. *Unit-time-advance*
Pada tipe ini, waktu berjalan dengan cara meningkat setiap kali satu unit waktu. Misalnya unit waktunya adalah menit, maka waktu berjalan dari menit ke menit.

2. *Event-advance*
Pada tipe ini, waktu berjalan dengan cara meningkat setiap kali dari event ke event. **Event** adalah sebuah kejadian yang timbul dalam proses. Proses adalah aktifitas yang berjalan dari waktu ke waktu.

Masing-masing tipe memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri
- *Time-advance* bisa dipergunakan pada semua sistem, tapi *event-advance* tidak. *Event-advance* tidak baik digunakan bila ada variabelnya yang berubah secara kontinyu dan tidak dapat dianggap sebagai diskret.
- *Event-advance* bisa dianggap lebih teliti karena tidak akan ada event yang terlewat. Pada *time-advance* kemungkinan ada *event* terjadi diantara dua unit waktu.
- Dari segi waktu *running program*, *time advance* bisa lebih cepat dari *event-advance*, atau bisa juga sebaliknya.

Di dalam penelitian ini digunakan metode *Event-advance* karena :
- Variabel yang ada bisa dianggap *diskret*.
- Running program dianggap lebih cepat karena waktu antar event banyak yang lebih besar di unit waktu.

METODE UNTUK MEMBANGKITKAN VARIAN RANDOM

Dengan membangkitkan sebuah angka random kita bisa membangkitkan pula sampel random dari distribusi probabilistik tertentu.

Ada empat cara untuk membangkitkan varian random:

a. *Inverse Method*
b. *Acceptance / Rejection Method*
c. *Composition Method*
d. *Convolution Method*

Metode yang paling efisien dan paling banyak digunakan adalah *Inverse Method.*

Inverse Method

Syarat utama dari metode ini adalah distribusi probabilistik yang ingin dibangkitkan varian randomnya harus memiliki bentuk fungsi matematik dapat dibalikkan (*inverse*).

Jika *u* adalah angka random, dan *x* adalah variabel random dengan fungsi distribusi F(x), dimana :

$$F(x)=u$$

Maka

$$x=F^{-1}(u)$$

Distribusi Eksponensial

Bentuk fungsi distribusi eksponensial adalah :

$$F(x)= 1-e^{x/è} \qquad x>0$$

Dengan menerapkan F(x)=u, kita mendapatkan:

$$u =1-e^{x/è}$$
$$x = -è \ln(1-u)$$

dan karena (1-u) juga merupakan angka random, maka kita bisa menulis :

$$x = -è \ln(u)$$

Biasanya è adalah rata-rata hitung (mean) dari sampel.

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Penelitian dilakukan di unit produksi 250, yaitu unit yang memproduksi sepatu, sandal, dan sol plastik, khususnya pada subunit sepatu/sandal plastik.

Sub unit ini memproduksi puluhan *project* yang terbagi menjadi lebih dari 80 artikel pertahunnya. *Project* adalah jenis dasar dari sepatu/sandal yang diberi bermacam-macam nama seperti Airwave, Miami, Linda, Solange, dan lain-lain. Setiap project bisa

terdiri dari beberapa macam artikel yang menggambarkan perbedaan detailnya.
Untuk produksinya, sub unit ini menggunakan 2 jenis mesin utama, yaitu :

1. *Dry Blend*
2. *Injection Moulding*

Dry Blend digunakan untuk mencampur bahan-bahan sesuai dengan formula yang telah ditentukan. Hasilnya adalah campuran bahan berupa butiran-butiran kecil yang disebut *pelet. Injection Moulding* adalah mesin untuk mencetak sepatu/sandal. *Prsesnya* sebagai berikut : pelet dimasukan kedalam mesin, dan mesin akan mencairkannya dalam suhu tinggi, kemudian cairan tersebut diinjeksikan kedalam cetakan. Cairan plastik yang telah tercetak itu akan mendingin dalam waktu singkat karena adanya pendingin maka produkpun jadi.

Injection Moulding terdiri dari empat mesin yaitu :

1. Sanpak 251
2. Sanpak 254
3. Sanpak 255
4. Maingroup 256

Sanpak 251, 254, 255, merupakan mesin yang sejenis. Sedangkan *Maingroup* 256 digunakan untuk memproduksi sepatu /sandal dengan bahan yang padat, tetapi bisa juga digunakan untuk memproduksi sepatu / sandal yang dapat dibuat dengan sanpak 251 , 254, dan 255.

Data-data utama yang harus dikumpulkan adalah :

a. Data mengenai produk (artikel)
b. Data mengenai kerusakan mesin

Data Artikel

Selain jenis *project* dan artikel yang diproduksi, perlu juga diketahui berapa jumlah produksi, SPM (*Standard Production Minutes)*, dan produksi maksimal perhari untuk setiap artikel. Produksi per tahun dibagi menjadi dua periode. SPM merupakan waktu standar untuk memproduksi suatu artikel. Produksi maksimal perhari merupakan ukuran batch dari artikel tersebut dalam satuan pasang.

Data Kerusakan Mesin

Data kerusakan mesin terdiri dari dua jenis :

a. Waktu antar kerusakan
b. Waktu perbaikan

Sedangkan mesin yang digunakan ada 4:

a. Mesin sampak 251
b. Mesin sampak 254
c. Mesin sampak 255
d. Mesin Maingroup 256

Data mengenai waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan untuk ke-empat mesin tersebut diambil dari catatan kerusakan mesin tahun 2006/2007.
Data mengenai kedua waktu tersebut perlu dicari rata-ratanya untuk dapat digunakan dalam permodelan. Karena itu sebelum dicari rata-ratanya, lebih dulu diuji apakah data-data tersebut sudah memenuhi distribusi yang dikehendaki atau belum. Dalam hal ini, akan digunakan uji kebaikan suai Khi-Kuadrat untuk menguji apakah data-data waktu tersebut sudah mengikuti distribusi eskponensial.
Uji kebaikan suai Khi-kuadrat yang dilakukan untuk data waktu antar kerusakan mesin dan data waktu perbaikan mesin, untuk masing-masing mesin, ternyata menunjukkan bahwa kesemuanya berdistribusi Eksponensial.

DESAIN EKSPERIMEN

Eksperimen yang akan dijalankan sebagai alternatif perbaikan ada empat:

a. Eksperimen 1 : Kerusakan mesin 80%
b. Eksperimen 2 : Kekurangan material dikurangi
c. Eksperimen 2 : Penambahan mesin baru
d. Eksperimen 2 : Pengurangan besar batch produksi

Eksperimen 1

Penyebab dari kerusakan mesin-mesin pada bagian plastik ini adalah karena umur mesin yang sudah tua dan tidak adanya *routine preventive maintenance.*

Menurut perusahaan, jika *preventive maintenance* dilakukan secara rutin, maka kerusakan mesin bisa dikurangi 10% hingga 20%.

Sebagai alternatif perbaikan, maka dalam eksperimen I ini kerusakan mesin dikurangi 20%.

Eksperimen 2

Pada saat ini, menurut perusahaan, secara rata-rata terjadi kekurangan material dua kali setahun dan memakan waktu satu minggu. Selama itu mesin berhenti berproduksi. Dari bagian material perusahaan diketahui bahwa jika kontrol material dilakukan secara ketat dan cadangan material ditambah serta beberapa kebijaksanaan lain diberlakukan,

kekurangan material bisa ditekan menjadi satu kali dalam setahun.

Eksperimen 2 dilakukan dengan mengurangi waktu kekurangan material.

Eksperimen 3

Jika produksi tidak bisa memenuhi penjualan maka alternatif yang rasional untuk mengatasinya adalah menambah mesin baru.

Eksperimen 3 dilakukan dengan menambah mesin baru yang dianggap identik dengan mesin Maingroup 256

Eksperimen 4

Semakin besar ukuran batch produksi berarti semakin besar pula makespannya. Dan semakin besar makespan, makin besar pula kemungkinan terjadi keterlambatan.

Dalam eksperimen 4 ini, ukuran batch produksi dari artikel-artikel yang menyebabkan keterlambatan dikurangi.

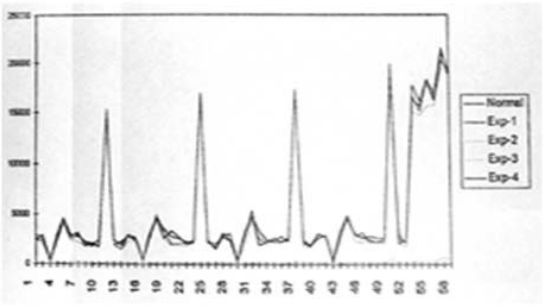
ANALISA

Setiap eksperimen dieksekusi didalam simulator. Kemudian hasil eksperimen akan dianalisis dari tiga segi :

1. Kehilangan penjualan pertahun
2. Keterlambatan kumulatif
3. Makespan rata-rata

ANALISA SEGI KEHILANGAN PENJUALAN

Jika kita melihat gambar-1 di bawah ini, jelas tampak beberapa puncak yang menjulang tinggi yaitu pada artikel 11, 24, 37, 50, 53, 54, 55, 56, 57 dan 58. Puncak – puncak inilah yang harus diperhatikan karena dinilai paling merugikan.



Gambar1. Analisa Segi Kehilangan Penjualan

Bila dianalisis lebih lanjut, puncak-puncak tersebut adalah artikel-artikel dengan nilai penjualan perhari yang tertinggi, dengan kata lain merupakan produk-produk yang paling laku. Mengapa kehilangan penjualan justru terjadi pada produk-produk yang paling laris? Secara penalaran, jika produk laris maka persediannya cepat menipis. Jika produksi tidak bisa mengimbangi kecepatan penjualan maka akan terjadi kehilangan penjualan. Sebab itulah produk-produk yang laris menjadi puncak di grafik kehilangan penjualan tersebut.

Sekarang kita bandingkan antara keadaan normal dengan eksperimen-eksperimen yang telah dilakukan.

Perbedaan yang sangat jelas terlihat pada eksperimen 3. Eksperimen 3 dapat dianggap sukses karena menurunkan rata-rata kehilangan penjualan pertahun dengan drastis. Seperti telah diketahui sebelumnya, eksperimen 3 adalah menambah mesin baru. Menambah mesin baru berarti mempercepat laju produksi. Akibat selanjutnya kehilangan penjualan dapat ditekan sedemikian rupa.

Pada eksperimen lain tidak menunjukkan pola yang berbeda jauh dengan keadaan sebenarnya (normal) pada gambar-1. tersebut terlihat bahwa eksperimen 1 hampir tidak berbeda dengan keadaan normal. Hal ini berarti faktor kerusakan mesin bisa dianngap tidak memiliki pengaruh terhadap kehilangan penjualan.

Eksperimen 2 terlihat sedikit menekan kehilangan penjualan, berarti faktor kekurangan material memiliki pengaruh (walaupun sedikit) pada kehilangan penjualan

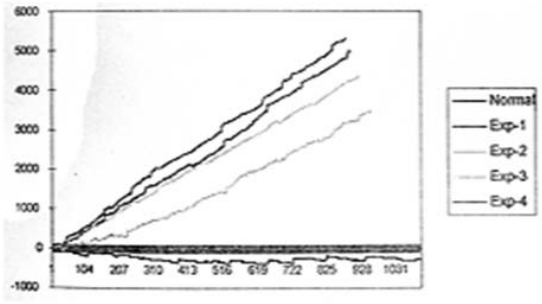
Yang menarik adalah pada eksperimen 4. Kehilangan penjualan justru terlihat meningkat. Hal ini bisa terjadi karena dengan mengurangi batch produksi berarti laju produksi ikut berkurang, karena itu kehilangan penjualan justru bertambah.

ANALISA SEGI KETERLAMBATAN KUMULATIF

Jika melihat grafik-grafik keterlambatan kumulatif, eksperimen satu dengan lainnya memiliki kesamaan yaitu grafik keterlambatan kumulatif untuk mesin 251, 254 dan 255 mengarah kebawah sedang pada mesin 256 beranjak terus naik. Grafik keterlamabatan kumulatif yang turun pada mesin 251, 254 dan 255 bukan berarti menunjukkan bahwa keterlambatan di mesin-mesin tersebut selalu negatif, tetapi kebanyakan negatif sehingga hasil kumulatifnya terlihat turun. Begitu juga pada mesin 256, grafik yang terus naik tidak berari keterlambatannya selalu positif, tetapi kebanyakan positif sehingga hasil kumulatifnya terus naik..

Karena bentuk grafik yang demikian, maka perhatian kita cukup difokuskan pada mesin 256 sebagai sumber keterlambatan produksi.

Selanjutnya kita tinjau grafik perbandingan keterlambatan kumulatif mesin 256 untuk tiap eksperimen pada gambar-2 berikut ini.



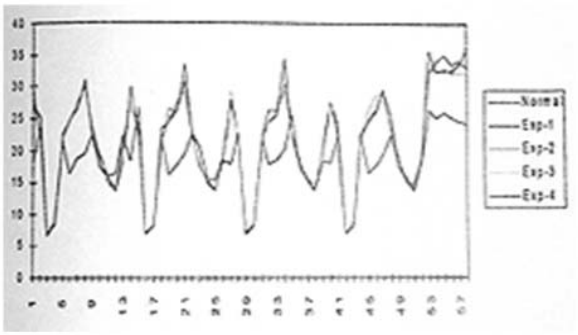
Gambar 2. Analisa Segi Keterlambatan Kumulatif

Tampak bahwa setiap eksperimen sanggup mengurangi kemiringan grafik keterlambatan kumulatif tersebut. Ini berarti setiap eksperimen mempengaruhi sistem secara signifikan.

Tetapi dari keempat eksperimen tersebut, yang paling sukses adalah eksperimen 4. Eksperimen ini dapat menekan keterlambatan hingga grafiknya berada di bawah garis nol. Demikian juga pada grafik untuk mesin-mesin lain, terlihat grafik eksperimen 4 selalu berada di bawah garafik eksperimen lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa penetapan *batch* semula tidak sesuai dengan kapasitas produksi mesin sehingga selalu terjadi keterlambatan. Dengan mengurangi besar batch produksi, makespan berkurang sehingga keterlambatan produksi dapat dikurangi sedemikian rupa.

ANALISA SEGI MAKESPAN RATA-RATA

Untuk menganalisis makespan, kita dapat maelihat gambar-3. Disana terlihat bahwa grafik untuk eksperimen 1 hingga eksperimen 3 hampir tidak berbeda dengan grafik keadaan normal. Berarti ketiga eksperimen tersebut bisa dianggap tidak berpengaruh terhadap makespan rata-rata tiap artikel.



Gambar 3. Analisa Segi Makespan Rata-rata

Satu-satunya eksperimen yang tampak berpengaruh adalah eksperimen 4. Seperti telah disebutkan sebelumnya, mengurangi besar *batch* produksi berarti secara langsung mengurangi makespan produk. Dengan mengurangi *batch* produksi dari artikel-artikel yang sebelumnya membentuk puncak, maka pada grafik eksperimen 4 terlihat puncak-puncak tersebut telah menurun.

SKENARIO GABUNGAN

Ada beberapa hal penting yang dapat kita lihat dari ketiga analisa diatas, yaitu :

- Eksperimen 3 dinilai berhasil menekan kehilangan penjualan, tetapi eksperimen tersebut tidak berhasil menekan keterlambatan.
- Eksperimen 4 dinilai berhasil dalam menurunkan keterlambatan tetapi konsekuensinya kehilangan penjualan justru meningkat.

Karena kedua eksperimen tersebut diatas memiliki kelebihan di satu segi tetapi kekurangan di segi lain, sekarang akan kita gabungkan kedua eksperimen tersebut menjadi eksperimen baru, sebut saja eksperimen 5. Di dalam eksperimen 5, kita menambah sebuah mesin baru sekaligus mengurangi besar *batch* produksi untuk artikel-artikel tertentu. Ternyata hasil eksperimen 5 berhasil memperbaiki keadaan dengan sangat memuaskan, baik dari segi keterlambatan, makespan rata-rata, maupun dari segi kehilangan penjualan.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Keadaan sekarang

- Berdasarkan hasil simulasi untuk keadaan sekarang (normal), perusahaan saat ini mengalami kerugian akibat kehilangan penjualan rata-rata sebanyak hampir 300.000 unit pertahunnya.
- Sumber keterlambatan produksi adalah artikel-artikel yang hanya bisa diproduksi menggunakan mesin 256. Ini terlihat dari grafik keterlambatan kumulatif yang terus naik.

2. Hasil eksperimen

Yang menjadi sebab utama dari keterlambatan produksi adalah ukuran *batch* produksi yang terlalu besar. Terbukti dari eksperimen 4 yang berhasil menekan keterlambatan dengan cara memperkecil ukuran *batch* artikel-artikel tertentu.
Sedangkan yang menjdi sebab utama dari tingginya kehilangan penjualan adalah tidak seimbangnya kecepatan produksi dengan kecepatan penjualan. Terbukti dari

eksperimen 3 yang berhasil menurunkan jumlah kehilangan penjualan dengan cara meningkatkan kecepatan produksi melalui penambahan mesin baru.

Eksperimen 5 yang merupakan penggabungan eksperimen 3 dan eksperimen 4 dinilai berhasil memprbaiki keadaan. Dari hasil penerapannya di dalam simulasi, ditemukan bahwa kehilangan penjualan dapat ditekan hingga tinggal kurang dari 12 ribu unit pertahunnya, sedikit lebih besar dari eksperimen 3 yang hanya 11 ribu unit per tahun, namun jauh lebih kecil dari keadaan semula yang mencapai 300 ribu unit per tahun. Sedangkan keterlambatan produksi dapat pula ditekan hingga dibawah nol.

3. Keuntungan dari pemakaian model simulasi ini adalah tidak perlunya menerapkan suatu hipotesa atau kebijakan baru secara langsung pada sistem yang bersangkutan yang sudah tentu akan memakan waktu, tenaga, dan biaya yang tidak kecil, dan belum tentu berhasil baik. Kita hanya perlu menjalankan program simulatornya untuk melihat efek atau hasil dari hipotesa atau kebijakan tersebut terhadap sistem. Diharapkan penerapannya pada sistem nyata tidak akan jauh berbeda dengan hasil simulasi.

4. Ternyata pengaruh keterlambatan produksi terhadap kehilangan penjualan sangat kecil.

SARAN

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, penulis mengajukan beberapa saran untuk dikembangkan pada masa mendatang.

1. Model yang dibuat belum memasukkan faktor manusia didalamnya. Beberapa hal yang berkaitan dengan faktor manusia seperti jumlah pekerja, produktifitas pekerja, keadaan lingkungan yang mempengaruhi pekerja, dan lainnya dapat dimasukkan untuk mengembangkan model.
2. Pada produksi nyata, artikel yang diproduksi lebih dari 80 jenis. Untuk menyempurnakan model, data dari keseluruhan artikel perlu diketahui.
3. Pada model ini, faktor kekurangan material hanya diambil dari rata-ratanya saja. Untuk pengembangan lebih lanjut, perlu dilakukan penelitian lebih mendalam tentang faktor ini.
4. Pengembangan model dapat juga dilakukan dengan memasukkan faktor biaya kedalamnya sehingga model dapat menjadi lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aronofsky, Julius (1969). "Simulation: Uses". Wiley. New York.

2. Askin, Ronald G (1993). "Modeling & Analysis of Manufacturing Systems". John Wiley & Sons, Inc.

3. Bedworth, David D and James E. Bailey (1987). " Integrated Production Control Systems". 2nd Edition

4. Biegel, John E (1992). "Pengendalian Produksi: Suatu Pendekatan Kuantitatif". CV. Akademika Pressindo.

5. Emshoff, James R. and Roger L. Sisson (1970). "Design and Use of Computer Simulation Model". MacMillan. New York.

6. Hoover, Stewart V (1989). "Simulation: A Problem Solving Approach". Addison-Wesley.

7. Inoue, Kouno, Fujii (1986). "Backward Simulation: Concept, Methodology and Tool. Modeling and Simulation in Engineering". Elsevier Science Publisher.

8. Riggs, James L (1978). "Production Systems". 4th Ed. John Wiley & Sons.

9. Taha, Hamdy A (1992). "Operation Research: An Introduction". 5th Ed. Mac Millan.

10. Walpole, Ronald E (1995). "Pengantar Statistika". 3rd Ed. PT Gramedia Pustaka Utama.