

Analisis Performansi dan Perbaikan Lini Produksi dengan Menggunakan Metoda Simulasi

**Irwan Sukendar, Dewi Retno F, Dian Setiadi,
Dwi Riyanti, Eko Pramudyo, Muchamad Maknun**
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Sultan Agung

Jl. Raya Kaligawe km.4 Semarang 50112

Telp.024-6583584 Fac.024-6582455 e-mail : irwansukendar@yahoo.com

Abstrak

Pengukuran performansi lini produksi dapat digunakan beberapa metoda. Salah satu metoda adalah Simulasi komputer. Simulasi komputer adalah komputasi yang memodelkan perilaku sebuah sistem sistem (nyata atau tidak) dalam suatu rentang waktu. [Law AM, 2000]. Pada penelitian ini, obyek penelitian adalah Lini produksi sebuah perusahaan air minum dalam kemasan. Lini produksi pada perusahaan tersebut terdiri dari Stasiun Kerja Pencucian, Stasiun Kerja Pemeriksaan, dan Stasiun Kerja Pengisian.

Analisis performansi dilakukan menggunakan metoda Simulasi komputer. Berdasar analisis diketahui bahwa rata-rata utilisasi pada model nyata adalah 73,66 %, dimana utilisasi terkecil pada Stasiun Kerja Pemeriksaan sebesar 20,11%.

Perbaikan dilakukan dengan merancang dua Sistem Alternatif. Berdasar analisis simulasi diketahui bahwa Sistem Alternatif 1 menghasilkan rata-rata utilisasi 61,02%, dimana utilisasi terkecil terjadi pada Stasiun Kerja Pemeriksaan sebesar 20,89%. Sedangkan Sistem Alternatif 2 menghasilkan rata-rata utilisasi 81,68%, dimana utilisasi terkecil pada Stasiun Kerja Pemeriksaan meningkat menjadi 71,67%.

Keywords : utilitas, simulasi, lini produksi, Sistem nyata, model alternatif.

1. Pendahuluan

CV. Tirta Makmur adalah sebuah perusahaan yang memproduksi air minum dalam kemasan. Pada lini produksi bagian gallon CV. Tirta Makmur terdiri dari 3 lini yang terdiri dari stasiun kerja pencucian, pemeriksaan dan pengisian dan label. Penumpukan barang terjadi pada bagian pengisian gallon karena pada stasiun kerja ini memiliki waktu pengerjaan yang paling lama.

Terjadinya bottleneck ini menyebabkan ketidakseimbangan lini produksi, sehingga mengakibatkan ketidakefisienan proses produksi. Pada akhirnya ketidakefisienan ini akan menyebabkan ketidakefisienan biaya. Oleh karena itu terjadinya bottleneck ini tidak diharapkan oleh para Stakeholder perusahaan.

Bertolak dari kondisi ini, maka para Stakeholder berharap adanya metoda atau teknik yang dapat digunakan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan bottleneck sehingga lini produksi dapat berjalan seimbang.

Perbaikan performansi lini produksi dapat digunakan beberapa metoda. Salah satu metoda adalah Simulasi komputer. Simulasi komputer adalah komputasi yang memodelkan perilaku sebuah sistem sistem (nyata atau tidak) dalam suatu rentang waktu [Law AM, 2000].

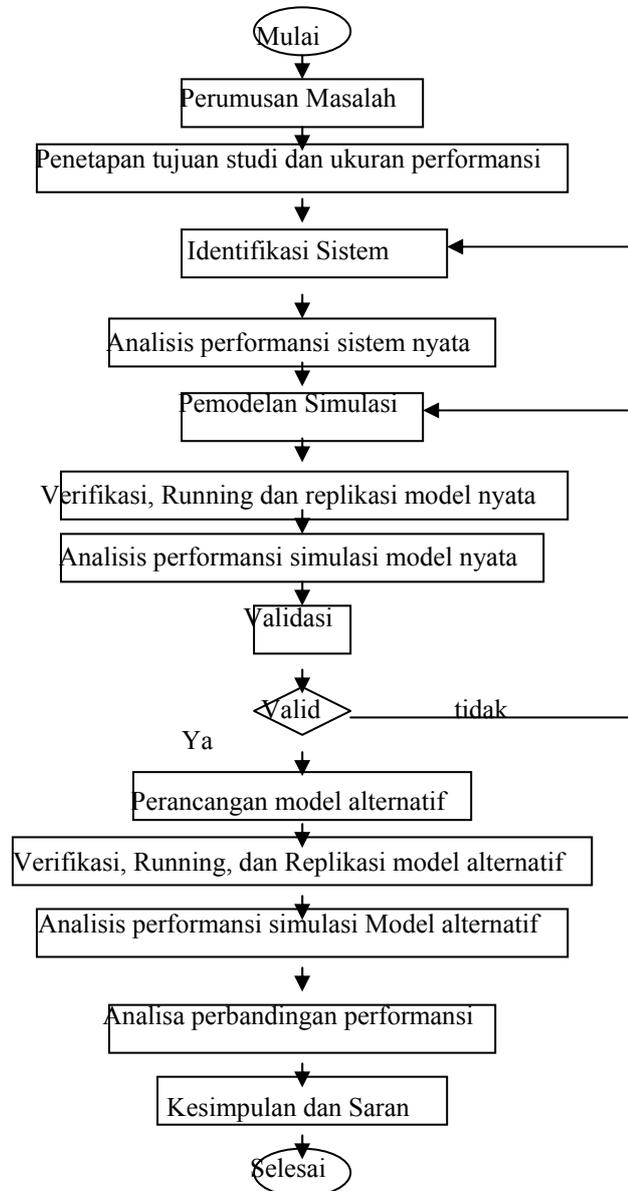
Tujuan studi pada kasus ini adalah :

- Melakukan identifikasi sistem awal
- Menghitung performansi sistem awal dengan menggunakan simulasi komputer
- Melakukan perancangan sistem alternatif
- Menghitung performansi sistem alternatif menggunakan simulasi komputer
- Melakukan analisa perbandingan performansi sistem awal dan sistem alternatif untuk menentukan sistem yang terbaik

Adapun ukuran performansi yang digunakan adalah utilitas sistem.



2. Metodologi



Gambar 1 Flow chart penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Identifikasi Sistem

Batasan Sistem

Sistem yang diteliti dibatasi pada lini produksi galon

Sistem Relevan

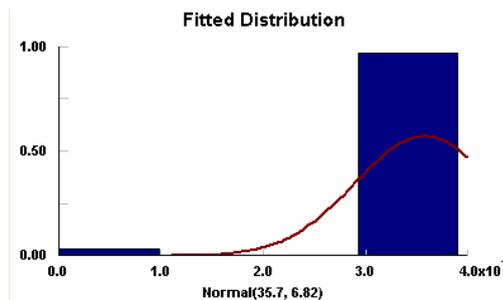
a. Waktu antar kedatangan material

goodness of fit

| | |
|-----------------------|------------------------------|
| data points | 30 |
| estimates | maximum likelihood estimates |
| accuracy of fit | 0.0003 |
| level of significance | 0.05 |

summary

| distribution | Chi Squared | Kolmogorov Smirnov | Anderson Darling |
|-----------------------------|-------------|--------------------|------------------|
| Beta[0, 39, 50.9, 3.75] | 3.87 (3) | 0.333 | 17 |
| Lognormal[0, 3.61, 0.0432] | 1.2 (3) | 0.156 | 2.91 |
| Normal[35.7, 6.82] | 45.5 (3) | 0.366 | 6.13 |
| Pearson 5[0, 535, 1.97e+04] | 1.2 (3) | 0.154 | 2.92 |
| Triangular[1, 39.7, 38.3] | 82.3 (3) | 0.733 | 32.8 |
| Uniform[0, 39] | 82.3 (3) | 0.838 | 73.8 |
| Weibull[0, 27.4, 37.7] | 5.73 (3) | 0.189 | 3.03 |



Gambar 2. Distribusi waktu antar kedatangan material

Distribusi normal dipilih sebagai distribusi yang mewakili waktu antar kedatangan karena memiliki nilai *kolmogroff smirnov* terkecil dengan nilai *mean* sebesar 35.7 dan nilai standar deviasi sebesar 6.82

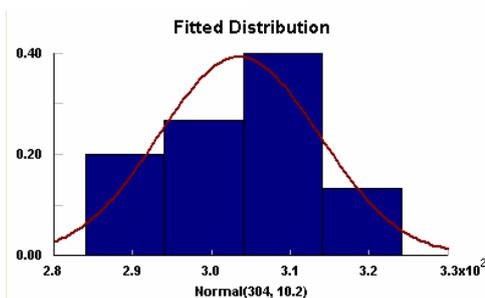
b. Waktu proses Pencucian

goodness of fit

| | |
|-----------------------|------------------------------|
| data points | 30 |
| estimates | maximum likelihood estimates |
| accuracy of fit | 0.0003 |
| level of significance | 0.05 |

summary

| distribution | Chi Squared | Kolmogorov Smirnov | Anderson Darling |
|----------------------------|-------------|--------------------|------------------|
| Beta[284, 324, 1.91, 2.01] | 0.667 (3) | 0.107 | 4.3 |
| Lognormal[284, 2.85, 0.62] | 3.33 (3) | 0.126 | 3.22 |
| Normal[304, 10.2] | 0.667 (3) | 0.0907 | 0.25 |
| Pearson 5[284, 2.39, 32.9] | 6.8 (3) | 0.17 | 3.85 |
| Triangular[283, 327, 302] | 0.667 (3) | 0.125 | 0.612 |
| Uniform[284, 324] | 4.67 (3) | 0.167 | 4.41 |
| Weibull[284, 2.21, 22.8] | 0.667 (3) | 0.129 | 2.51 |



Gambar 3 Distribusi waktu proses pencucian



Distribusi normal dipilih sebagai distribusi yang mewakili waktu proses pencucian karena memiliki nilai *kolmogroff smirnov* terkecil dengan nilai *mean* sebesar 304 dan nilai standar deviasi sebesar 10,2

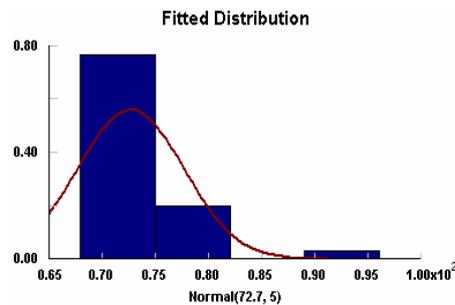
c. Waktu proses QC

goodness of fit

data points 30
 estimates maximum likelihood estimates
 accuracy of fit 0.0003
 level of significance 0.05

summary

| distribution | Chi Squared | Kolmogorov Smirnov | Anderson Darling |
|------------------------------------|-------------|--------------------|------------------|
| Beta[68, 6.72e+05, 2.02, 2.64e+05] | 2.8 (3) | 0.176 | 6.5 |
| Erlang[68, 3, 1.57] | 2.8 (3) | 0.173 | 7.06 |
| Exponential[68, 4.7] | 1.2 (3) | 0.172 | 6.01 |
| Gamma[68, 3.03, 1.55] | 2.8 (3) | 0.174 | 7.11 |
| Inverse Gaussian[68, 8.56, 4.7] | 2.27 (3) | 0.182 | 6.84 |
| Log-Logistic[68, 2.51, 4.02] | 2.8 (3) | 0.17 | 6.6 |
| Lognormal[68, 1.37, 0.728] | 2.8 (3) | 0.17 | 6.53 |
| Normal[72.7, 5] | 8.67 (3) | 0.223 | 2.4 |
| Pareto[68, 15.4] | 1.2 (3) | 0.187 | 6.13 |
| Pearson 5[68, 2.05, 6.21] | 2.8 (3) | 0.184 | 7.03 |
| Pearson 6[68, 4.18, 4.18, 4.4] | 2.8 (3) | 0.17 | 6.51 |
| Triangular[67, 97.2, 68] | 22.8 (3) | 0.458 | 8.75 |
| Uniform[68, 96] | 45.5 (3) | 0.65 | 33.5 |
| Weibull[68, 1.29, 5.71] | 3.87 (3) | 0.172 | 6.24 |



Gambar 4. Distribusi waktu proses QC

Distribusi normal dipilih sebagai distribusi yang mewakili waktu prose QC karena memiliki nilai *kolmogroff smirnov* terkecil dengan nilai *mean* sebesar 72 dan nilai standar deviasi sebesar 7,5

d. Waktu proses Pengisian dan Labeling

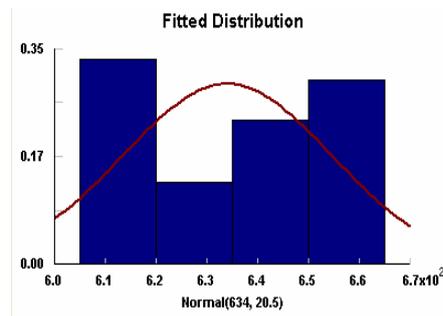
goodness of fit

data points 30
 estimates maximum likelihood estimates
 accuracy of fit 0.0003
 level of significance 0.05

summary

| distribution | Chi Squared | Kolmogorov Smirnov | Anderson Darling |
|------------------------------|-------------|--------------------|------------------|
| Beta[605, 665, 0.758, 0.855] | 0.667 (3) | 0.12 | 4.41 |
| Lognormal[605, 2.92, 1.24] | 2.27 (3) | 0.203 | 4.05 |
| Normal[634, 20.5] | 2.8 (3) | 0.136 | 0.955 |
| Pearson 5[605, 0.624, 4.31] | 7.07 (3) | 0.234 | 5.07 |
| Triangular | no fit | no fit | no fit |
| Uniform[605, 665] | 2.8 (3) | 0.167 | 5.3 |
| Weibull[605, 1.23, 31.8] | 1.2 (3) | 0.169 | 3.63 |

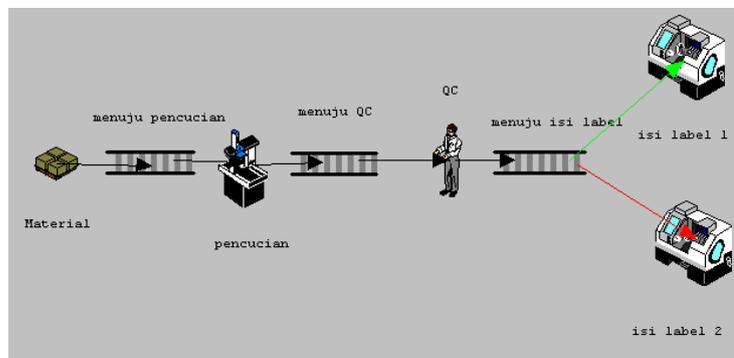




Gambar 5. Distribusi Waktu Proses Isi dan Labeling

Distribusi normal dipilih sebagai distribusi yang mewakili waktu prose QC karena memiliki nilai *kolmogrof smirnov* terkecil dengan nilai *mean* sebesar 634 dan nilai standar deviasi sebesar 20,5

Alur proses



Gambar 6. Alur Proses

Asumsi sistem

- Sistem adalah white box karena kita mengetahui persis komponen / elemen
- Sistem adalah sistem *dinamis* karena waktu proses dan waktu antar kedatangan bervariasi.
- Sistem adalah sistem *kontinyu* karena interval variable acak X (waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan) tidak berhingga.
- Sistem adalah sistem *probabilistic* karena distribusi waktu proses dan waktu antar kedatangan dipengaruhi oleh variable *random* (acak).
- Sistem adalah sistem terbuka karena ada elemen / komponen dari luar sistem yang mempengaruhi / berinteraksi dengan komponen / elemen yang ada didalam sistem.

3.2. Analisis Performansi sistem nyata

Tabel I. Utilitas sistem nyata

| Stasiun Kerja | Jumlah server | Sistem nyata |
|-----------------|---------------|--------------|
| Pencucian | 1 | 0.301 |
| QC | 1 | 0.071 |
| Isi dan Label 1 | 1 | 0,628 |
| Isi dan Label 2 | 1 | 0,628 |
| Rata-rata | | 0,407 |

3.3. Pemodelan Simulasi

Pemodelan simulasi ini menggunakan *software Promodel*.

Location

Location merupakan salah satu *input* yang ada pada *software promodel*. *Location* menampilkan perlengkapan entitas berupa stasiun kerja, antrian atau operator. Bentuk *location* biasanya seperti stasiun kerja, *buffer* dan *conveyor*. *Location* memiliki jumlah unit dan kapasitas pelayanan.



Tabel II. Locations

| Icon | Name | Cap. | Units | DTs... | Stats... | Rules... | Notes... |
|------|------------------|----------|-------|--------|-------------|--------------|----------|
| | Material | Infinite | 1 | None | Time Series | Oldest | |
| | menuju_pencucian | INFINITE | 1 | None | Time Series | Oldest, FIFO | |
| | pencucian | 1 | 1 | None | Time Series | Oldest | |
| | menuju_QC | INFINITE | 1 | None | Time Series | Oldest, FIFO | |
| | QC | 1 | 1 | None | Time Series | Oldest | |
| | menuju_isi_label | INFINITE | 1 | None | Time Series | Oldest, FIFO | |
| | isi_label_1 | 1 | 1 | None | Time Series | Oldest | |
| | isi_label_2 | 1 | 1 | None | Time Series | Oldest | |

- Raw Material (galon).
- Jalan Menuju Pencucian.
- Pencucian.
- Jalan Menuju QC.
- QC.
- Jalan Menuju Isi dan Label
- Isi dan Label

Entities

Entitas datang dan mengikuti alur proses dari stasiun kerja yang satu ke stasiun kerja lainnya. Entitas dapat berupa material, orang atau individu, kertas kerja, dan lain-lain. Entitas dalam sistem antrian ini adalah berupa raw material yang dalam kasus ini adalah galon.

Tabel III. Entities

| Icon | Name | Speed (fpm) | Stats... | Notes... |
|------|-------|-------------|-------------|----------|
| | galon | 150 | Time Series | |

Arrival

Arrival menerangkan tentang apa saja entitas yang akan memasuki sistem, distribusi dan tingkat kedatangan entitas. Pengisian galon rata – rata tiap harinya adalah 30 galon. Dengan mengikuti distribusi normal dengan nilai rata-rata 35.7 dan standar deviasi 6.82.

Tabel IV. Arivals

| Entity... | Location... | Qty each... | First Time | Occurrences | Frequency | Logic | Disable |
|-----------|-------------|-------------|------------|-------------|--------------|-------|---------|
| galon | Material | 1 | 0 | 30 | n(35.7,6.82) | | No |

Process and Routing

Merupakan penjabaran alur proses entitas masuk, diproses pada tiap stasiun kerja, hingga keluar dari sistem. Pada bagian ini input waktu pencucian, distribusi waktu pelayanan, waktu transportasi menggunakan resources.

- Raw Material (galon). dalam kasus ini galon. Kapasitas maksimal tiap harinya adalah 30 galon tiap harinya.
- Jalan Menuju Pencucian. Kemudian galon menuju ke pencucian
- Pencucian. Pada stasiun kerja pencucian terdapat 1 server.
- Jalan Menuju QC. Sebelum galon diproses pada stasiun isi dan label, galon masuk ke jalan menuju QC.
- QC. Pada stasiun kerja QC terdapat 1 server.
- Jalan Menuju Isi dan Label. Setelah selesai diproses pada QC menuju isi dan label.
- Isi dan Label. Pada stasiun kerja isi dan label terdapat 2 server.



Tabel V. Process and Routing

| Entity... | Location... | Operation... | Blk | Output... | Destination... | Rule... | Move Logic... |
|-----------|------------------|------------------|-----|-----------|----------------|---------|---------------|
| galon | Material | | 1 | galon | isi_label_1 | FIRST 1 | move for 2 |
| galon | menuju_pencucian | | | galon | isi_label_2 | FIRST | move for 2 |
| galon | pencucian | wait n(304,10.2) | | | | | |
| galon | menuju_QC | | | | | | |
| galon | QC | wait u(68,96) | | | | | |
| galon | menuju_isi_label | | | | | | |
| galon | isi_label_1 | wait n(634,20.5) | | | | | |
| galon | isi_label_2 | wait n(634,20.5) | | | | | |

3.4. Verifikasi, Running dan Replikasi

Verifikasi adalah proses yang dilakukan untuk menentukan apakah model yang dibangun sudah benar. Kalo sudah benar lalu kita menjalankan program. Setelah itu dilakukan replikasi, yaitu menjalankan program beberapa kali kemudian diambil rata – rata dari replikasi tersebut.

3.4. Analisis Performansi simulasi model nyata

Tabel VI. Utilitas simulasi model nyata

| Stasiun Kerja | Jumlah server | Hasil simulasi |
|-----------------|---------------|----------------|
| Pencucian | 1 | 0,889 |
| QC | 1 | 0,203 |
| Isi dan Label 1 | 1 | 0,942 |
| Isi dan Label 2 | 1 | 0,924 |
| Rata-rata | | 0,735 |

3.5. Validasi

Validasi adalah membandingkan kejadian yang ada pada sistem nyata dengan hasil output program. Menggunakan hitungan statistik, biasanya menggunakan uji hipotesa. Validasi dilakukan dengan uji hipotesa kesamaan dua rata-rata. validasi dilakukan dengan melakukan perhitungan utilitas yang terjadi pada sistem. Dengan rumus utilitas adalah sebagai berikut :

$$\text{Utilitas} = \frac{\text{Jumlah Kedatangan} \times \text{Rata-Rata Waku Pelayanan}}{\text{Total waktu pengamatan}}$$

Pengertian validasi in menggunakan uji-t yang membandingkan nilai t hitung (to) dengan t tabel ($t_{\alpha/2, n1 + n2 - 2}$), dimana $-t_{\text{tabel}} \leq t_o \leq t_{\text{tabel}}$, maka hipotesa nol diterima.

Tabel VII. Utilitas Sistem nyata dan utilitas simulasi model nyata

| Stasiun Kerja | Jumlah server | Sistem nyata | Simulasi model nyata |
|-----------------|---------------|--------------|----------------------|
| Pencucian | 1 | 0,301 | 0,889 |
| QC | 1 | 0,071 | 0,203 |
| Isi dan Label 1 | 1 | 0,628 | 0,942 |
| Isi dan Label 2 | 1 | 0,628 | 0,924 |
| X bar | | 0,407 | 0,735 |

Uji validasi :

1. Ho : tidak ada perbedaan antara rata-rata utilitas model dengan sistem nyata.
2. H1 : ada perbedaan antara rata-rata utilitas model dengan sistem nyata.
3. Tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$; $\alpha/2 = 0.025$
4. Derajat kebebasan (df) = $n1 + n2 - 2$
= $3 + 3 - 2$
= 4

$$t_{(0,025,4)} = 2,776$$

5. Daerah kritis : Ho ditolak jika $-t_{\text{tabel}} \geq t_o$ atau $t_{\text{tabel}} \leq t_o$
 $S_1^2 = \frac{(0,3007-0,407)^2 + (0,711-0,407)^2 + (0,628-0,407)^2 + (0,628-0,407)^2}{4}$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{3 - 1}{2} \left[(0,0113) + (0,092) + (0,049) + (0,049) \right] \\
 &= 0,1005 \\
 S_1 &= 3,32 \\
 S_2^2 &= \frac{(0,889-0,735)^2 + (0,203-0,735)^2 + (0,942-0,735)^2 + (0,942-0,735)^2}{3 - 1} \\
 &= \frac{(0,024) + (0,28) + (0,043) + (0,043)}{2} \\
 &= 0,195 \\
 S_2 &= 0,44 \\
 6. \text{ Uji statistik } t_{\text{hitung}} &= \frac{X \text{ bar } 1 - X \text{ bar } 2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \\
 &= \frac{0,407 - 0,735}{\sqrt{\frac{(3 - 1)0,1005 + (3 - 1)0,195}{3 + 3 - 2} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)}} \\
 &= \frac{-0,328}{\sqrt{\frac{0,201 + 0,39}{4} \left(\frac{2}{3} \right)}} \\
 &= \frac{-0,328}{\sqrt{0,0985}} \\
 &= \frac{-0,328}{0,313} = -1,04
 \end{aligned}$$

Diperoleh perhitungannya = -1,04

Hasil perbandingan t_{hitung} dan t_{tabel} :

$-t_{\text{tabel}} (-2,776) \leq t_{\text{hitung}} (-1,04) \leq t_{\text{tabel}} (2,776)$

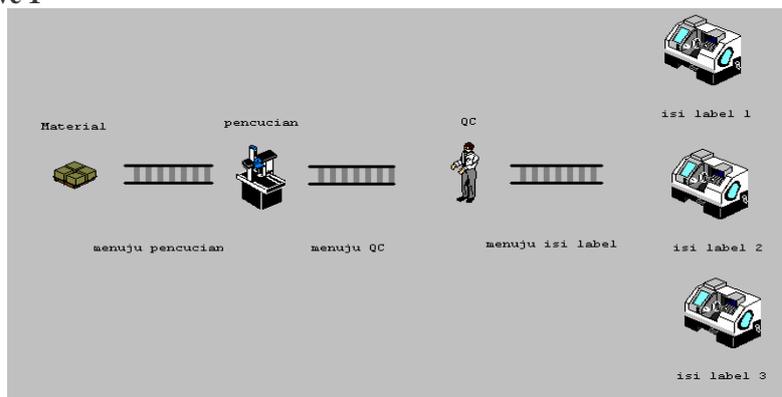
7. Kesimpulan : Terima H_0

Maka tidak ada perbedaan antara rata-rata utilitas model dengan sistem nyata.

3.6. Perancangan Sistem Alternatif

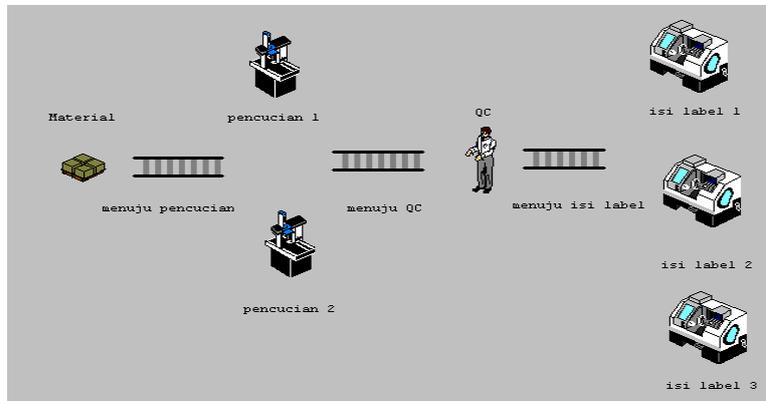
Perancangan sistem alternatif adalah pembangunan model alternatif dilakukan dengan mengembangkan skenario pada model awal.

Model Alternative 1



Gambar 7. Model alternative 1

Model Alternative 2



Gambar 8. Model alternative 2

3.7. Verifikasi, Running dan Replikasi Model Alternatif

Verifikasi adalah proses yang dilakukan untuk menentukan apakah model simulasi yang dibangun sudah benar. Lalu model dijalankan dan dilakukan replikasi.

3.8. Analisis Performansi Model alternatif

Tabel VIII. Utilitas simulasi model alternatif

| Model | Stasiun Kerja | Utilisasi | Waktu Penyelesaian (jam) |
|--------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Alternatif 1 | Pencucian | 0,921 | 2,75 |
| | QC | 0,209 | |
| | Isi dan Label 1 | 0,744 | |
| | Isi dan Label 2 | 0,674 | |
| | Isi dan Label 3 | 0,503 | |
| Alternatif 2 | pencucian 1 | 0,739 | 1,96 |
| | Pencucian 2 | 0,755 | |
| | QC | 0,717 | |
| | Isi dan Label 1 | 0,895 | |
| | Isi dan Label 2 | 0,898 | |
| | Isi dan Label 3 | 0,897 | |

3.9. Analisis perbandingan

Tabel IX. Utilitas simulasi model nyata dan simulasi model alternatif

| Model simulasi | Stasiun Kerja | Utilisasi (%) | Waktu Penyelesaian (jam) |
|----------------|-----------------|---------------|--------------------------|
| Model nyata | Pencucian | 0,890 | 2,85 |
| | QC | 0,201 | |
| | Isi dan Label 1 | 0,928 | |
| | Isi dan Label 2 | 0,927 | |
| Alternatif 1 | Pencucian | 0,921 | 2,75 |
| | QC | 0,209 | |
| | Isi dan Label 1 | 0,744 | |
| | Isi dan Label 2 | 0,674 | |
| | Isi dan Label 3 | 0,503 | |
| Alternatif 2 | pencucian 1 | 0,739 | 1,96 |
| | Pencucian 2 | 0,755 | |



| | | |
|--|-----------------|-------|
| | QC | 0,717 |
| | Isi dan Label 1 | 0,895 |
| | Isi dan Label 2 | 0,898 |
| | Isi dan Label 3 | 0,897 |

4. Kesimpulan

1. Studi tentang simulasi ini dilakukan pada lini produksi gallon dengan material berupa gallon
2. Komponen system adalah stasiun kerja pencucian, stasiun kerja quality control, stasiun kerja isi dan label 1, serta isi dan label 2
3. Ukuran performansi yang digunakan adalah utilitas.
4. Utilitas system pada stasiun pencucian, stasiun QC, stasiun isi dan label 1, serta stasiun isi dan label 2 masing-masing adalah : 0,301; 0,071; 0,628; 0,628; dengan rata-rata 0,407.
5. Utilitas model nyata pada stasiun pencucian, stasiun QC, stasiun isi dan label 1, serta stasiun isi dan label 2 masing-masing adalah :0,889; 0,203; 0,942; 0,924; dengan rata-rata 0,735.
6. Uji validasi menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan antara utilitas system dan utilitas model nyata.
7. usaha perbaikan utilitas dilakukan dengan merancang 2 model alternative : model alternative 1 dan model alternative 2.
8. Utilitas model alternative 1 pada stasiun pencucian, stasiun QC, stasiun isi dan label 1, stasiun isi dan label 2, serta stasiun isi dan label 3 masing-masing adalah : 0,921; 0,209; 0,744; 0,674; dan 0,503; dengan rata-rata 0,610. Stasiun QC menjadi stasiun yang mempunyai utilitas paling rendah (tidak seimbang) dibanding stasiun yang lainnya.
9. Utilitas model alternative 2 pada stasiun pencucian 1, stasiun pencucian 2, stasiun QC, stasiun isi dan label 1, stasiun isi dan label 2, serta stasiun isi dan label 3 masing-masing adalah :0,739; 0,755; 0,717; 0,895; 0,898; dan 0,897; dengan rata-rata 0,817. Utilitas Stasiun QC sudah dapat ditingkatkan dan relative seimbang dengan stasiun kerja yang lain.
10. Model alternative 2 merupakan model simulasi yang terbaik karena terjadinya keseimbangan utilitas di semua stasiun kerja dan mempunyai rata-rata utilitas paling tinggi dibandingkan model simulasi yang lain.

Pustaka

- Daellenbach, Hans G; Sistem & Decision Modeling, John Wiley & Sons, England, 1995
 Law Averill M; Kelton David W; Simulation Modeling & Analysis, Mc Graw Hill, Singapore, 1991
 Harrel, Ghosh, Bowden, Simulation Using Promodel, Mc Graw Hill, New York, 2004
 Iskandar Bermawi, Bahan Kuliah Pasca Sarjana Pemodelan Sistem, Jurusan Teknik Industri, ITB, Bandung, 2003
 Sugiyono Andre, Simulasi Sistem, Jurusan Teknik Industri, UNISSULA Semarang, 2004

